

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и охраны природных вод

Рабочая программа по дисциплине

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ
МИРОВОГО ОКЕАНА**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Оперативная океанография

Квалификация:
Магистр

Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП «Оперативная
океанография»


В.Н. Кудрявцев

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
22 03 2018 г., протокол № 7
Зав. кафедрой  Ермина Т.Р.

Автор-разработчик:
 Фомин В.В.

Санкт-Петербург 2018

1. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана» – освоение методологии математического моделирования динамических процессов в океане, основанной на численном решении дифференциальных уравнений.

Основные задачи дисциплины:

- получить представление об основных вычислительных алгоритмах, используемых при решении океанологических задач;
- освоить численные методы решения классических задач линейной алгебры, аппроксимации функций, численного дифференцирования и интегрирования, численного решения начальной и краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;
- научиться реализовывать эффективные алгоритмы для решения математических задач численными методами с использованием языков высокого уровня, проводить сравнительный анализ алгоритмов по вопросам применения к конкретной решаемой задаче, точности, скорости и ресурсоемкости;
- овладеть навыками использования специализированных математических пакетов прикладных программ, позволяющими сочетать реализацию численных алгоритмов с аналитическими представлениями и графическим отображением результатов вычислений;
- ориентироваться в основных разделах вычислительной математики, самостоятельно находить, анализировать и использовать научно-техническую литературу.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана» является дисциплиной по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» программы обучения по направлению 05.04.05 Прикладная гидрометеорология, профиля Оперативная океанография. Дисциплина «Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана» изучается в 1 семестре магистратуры, поэтому курс строится на знаниях ранее изученных дисциплин бакалавриата.

Одновременно с дисциплиной «Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана» изучаются «Дополнительные главы математики» и другие дисциплины.

В дальнейшем знания и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, являются основой для освоения профессиональных и специальных дисциплин, а также при подготовке выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-5	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований
ПК-14	способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: основные методы построения и анализа численных алгоритмов решения задач динамики океана.

Уметь: применять на практике численные методы для решения научно-исследовательских и прикладных океанологических задач.

Владеть: современным программным обеспечением и пакетами прикладных программ для решения задач океанологии; технологиями использования систем высокопроизводительных вычислений.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана», сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

		минимальный	базовый	продвинутый
ОПК-5 готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований	знать	имеет представление о правилах предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования на основе методов построения и анализа численных алгоритмов решения задач динамики океана	знает правила предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования на основе методов построения и анализа численных алгоритмов решения задач динамики океана	знает правила предоставления информации о полученных результатах научных исследований для практического использования на основе методов построения и анализа численных алгоритмов решения задач динамики океана и направления их возможного внедрения
	уметь	умеет делать выводы, но испытывает затруднения при разработке практических рекомендации по использованию технологий и систем высокопроизводительных вычислений	умеет делать выводы и разрабатывать практические рекомендации по использованию технологий и систем высокопроизводительных вычислений	умеет аргументированно делать выводы, разрабатывать практические рекомендации по использованию технологий и систем высокопроизводительных вычислений и готов способствовать их внедрению
	владеть	владеет профессиональной терминологией динамики океана	владеет профессиональной терминологией и навыками разработки практических рекомендации по использованию результатов научных исследований по динамике океана	владеет профессиональной терминологией и навыками разработки и внедрения практических рекомендации по использованию результатов научных исследований по динамике океана
ПК-14 Способность разрабатывать новые гидрометеорологические технологии с заданными свойствами и формулировать технические задания	знать	имеет представление о нормативной документации и правилах составления технического задания, построения и анализа численных алгоритмов решения по профилю профессиональной деятельности	знает нормативную документацию и правила составления технического задания, построения и анализа численных алгоритмов по профилю профессиональной деятельности	знает нормативную документацию и правила составления технического задания, построения и анализа численных алгоритмов по профилю профессиональной деятельности, ориентируется в рынке существующих гидрометеорологических технологий
	уметь	имеет представление о формулировке технических заданий на разработку новых гидрометеорологических технологий использования систем высокопроизводительных вычислений	умеет формулировать технические задания на разработку новых гидрометеорологических технологий использования систем высокопроизводительных вычислений	умеет формулировать технические задания на разработку новых гидрометеорологических технологий использования систем высокопроизводительных вычислений с заданными свойствами в конкурентных условиях
	владеть	владеет профессиональной терминологией для составления технических заданий на разработку новых гидрометеорологических технологий, современным программным обеспечением и пакетами прикладных программ для решения задач океанологии	владеет профессиональной терминологией и навыками составления технических заданий на разработку новых гидрометеорологических технологий, современным программным обеспечением и пакетами прикладных программ для ре-	владеет профессиональной терминологией и навыками составления технических заданий на разработку новых гидрометеорологических технологий с заданными свойствами, современным программным обеспечением и пакетами прикладных программ для решения задач океанологии

			шения задач океанологии	
--	--	--	-------------------------	--

4. Структура учебной дисциплины.

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов.

Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий
(в академических часах)

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 1 семестр
Общий объем дисциплины (часы)	144
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	54
в том числе:	
лекции	36
практические занятия	18
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	90
Вид промежуточной аттестации	экзамен

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Практическая работа	Самост. работа			
1	Методология математического моделирования океанологических процессов. Технологии высокопроизводительных вычислений.	1	2	2	6	Выступление по теме №1, опрос	2	ПК-14; ОПК-5
2	Дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие процессы в морской среде.	1	4		8	Выступление по теме №2, опрос		ПК-14; ОПК-5

3	Конечно-разностная аппроксимация дифференциальных операторов.	1	2	2	8	Выступление по теме№3, опрос	2	ПК-14; ОПК-5
4	Устойчивость конечно-разностных схем.	1	4	2	8	Выступление по теме№4, опрос		ПК-14; ОПК-5
5	Основы программирования на языке <i>Fortran</i> . Операционная система <i>Linux</i> .	1	2	2	8	Выступление по теме№5, опрос		ПК-14; ОПК-5
6	Численное решение уравнений параболического типа.	1	4	2	8	Выступление по теме№6, опрос		ПК-14; ОПК-5
7	Численное решение уравнений гиперболического типа.	1	2	2	8	Выступление по теме№7, опрос.		ПК-14; ОПК-5
8	Численное решение уравнений эллиптического типа.	1	4		8	Выступление по теме№7, опрос		ПК-14; ОПК-5
9	Консервативные разностные схемы.	1	2	2	8	Выступление по теме№8, опрос		ПК-14; ОПК-5
10	Метод конечных элементов.	1	4	2	8	Выступление по теме№8, опрос		ПК-14; ОПК-5
11	Численное решение уравнений мелкой воды.	1	2	2	6	Выступление по теме№9, опрос		ПК-14; ОПК-5
12	Современные численные модели динамики моря.	1	4		6	Выступление по теме№10, опрос		ПК-14; ОПК-5
	ИТОГО		36	18	90		4	

4.1.1 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.

4.2. Содержание разделов дисциплины

Методология математического моделирования океанологических процессов. Технологии высокопроизводительных вычислений. Роль численных расчетов в океанологии. Основные этапы математического моделирования. Математическая модель океанологического процесса. Численный эксперимент. Корректные и некорректные задачи. Дискретная аппроксимация модели. Существование и единственность решений. Сходимость и устойчивость дискретных задач. Виды погрешностей. Технологии высокопроизводительных технологий. Параллельные вычисления. Вычислительные кластеры и грид-технологии.

Дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие процессы в морской среде. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Начальные и граничные условия. Задачи, описываемые эллиптическими уравнениями. Задачи, сводящиеся к параболическим уравнениям. описываемые эллиптическими уравнениями. Задачи, описываемые гиперболическими уравнениями. Уравнения переноса-диффузии. Система трехмерных уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости и ее упрощения. Уравнения мелкой воды

Конечно-разностная аппроксимация дифференциальных операторов. Понятие аппроксимации дифференциальных операторов. Разностные аппроксимации производной первого и второго порядков на основе рядов Тейлора. Аппроксимация по времени эволюционных уравнений на основе двух- и трехслойных схем. Явные и неявные разностные схемы. Монотонные разностные схемы.

Устойчивость конечно-разностных схем. Понятие устойчивости разностных схем. Необходимое условие устойчивости разностных схем. Спектральный метод анализа устойчивости разностных схем. Условная устойчивость явной разностной схемы, аппроксимирующей уравнение параболического типа. Абсолютная устойчивость неявной разностной схемы, аппроксимирующей уравнение параболического типа.

Основы программирования на языке Fortran. Операционная система Linux. Основные программные конструкции – циклы, условные операторы. Динамическое распределение памяти. Операции ввода-вывода. Основы ОС Linux. Программное обеспечение для работы на вычислительном кластере.

Численное решение параболических уравнений. Характеристика явной конечно-разностной схемы и метод ее решения. Характеристика неявной конечно-разностной схемы. Метод прогонки - метод решения неявной разностной схем с трехдиагональной матрицей. Схема Кранка-Николсона. Сравнительная характеристика разностных схем для параболических уравнений

Численное решение гиперболических уравнений. Трехслойная явная схема, аппроксимирующая гиперболические уравнения. Схема направленных разностей. Неявные разностные схемы, аппроксимирующие гиперболические уравнения. Разностные схемы для двумерного уравнения переноса. Сравнительная характеристика разностных схем для гиперболических уравнений.

Численное решение эллиптических уравнений. Метод установления с использованием явной разностной схемы. Методы Гаусса-Зейделя и верхней релаксации. Методы установления на основе схем расщепления и схем предиктор-корректор.

Консервативные разностные схемы. Интегро-интерполяционный метод построения консервативных схем. Консервативные схемы для: одномерного нелинейного уравнения переноса; стационарного одномерного уравнения теплопроводности; двухмерного уравнения переноса.

Метод конечных элементов. Основные понятия и концепция метода конечных элементов. Построение численного алгоритма решения уравнения диффузии методом конечных элементов.

Численное решение системы уравнений мелкой воды. Построение и программная реализация явно-неявной разностной схемы на разнесенных сетках. Аппроксимация операторов переноса, силы Кориолиса, градиентов давления, уравнения неразрывности, задание касательных напряжений трения.

Современные численные модели динамики моря. Классификация моделей по типам вертикальных координат. Схемы аппроксимации оператора переноса. Схемы аппроксимации по вертикальной координате. Реализация условий на открытых границах и технология вложенных сеток.

4.3 Практические занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Определение типов дифференциальных уравнений, описывающих процессы в морской среде.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
2	2	Определение порядка аппроксимации конечно-разностных схем для простейших дифференциальных операторов.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
3	3	Исследование устойчивости конечно-разностных схем.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
4	4	Практические приемы реализации численных алгоритмов на языке Fortran.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
5	5	Разработка программы для численного решения уравнения диффузии	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
6	6	Разработка программы для численного решения уравнения переноса-диффузии.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
7	7-8	Разработка программы для численного решения уравнения Пуассона.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
8	9-10	Программа численного решения уравнений мелкой воды на разнесенных сетках.	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5
9	11-12	Практические приемы работы с волновой моделью <i>SWAN</i> .	выступления и их обсуждения	ПК-14; ОПК-5

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

5.1. Текущий контроль

**Перечень тем и вопросов практических занятий по дисциплине
«Численные методы анализа и прогноза состояния Мирового океана»**

1. Тема №1. Методология математического моделирования океанологических процессов. Технологии высокопроизводительных вычислений.

Темы выступлений:

- Основные этапы математического моделирования океанологических процессов.
- Математическая модель океанологического процесса.
- Технологии высокопроизводительных технологий.

2. Тема №2. Дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие процессы в морской среде

Темы выступлений:

- Классификация уравнений в частных производных второго порядка.
- Океанологические задачи, сводящиеся к параболическим уравнениям.
- Океанологические задачи, сводящиеся к гиперболическим уравнениям.
- Океанологические задачи, сводящиеся к эллиптическим уравнениям.

3. Тема №3. Конечно-разностная аппроксимация дифференциальных операторов

Темы выступлений:

- Разностные аппроксимации производной первого и второго порядков на основе рядов Тейлора.
- Аппроксимация по времени эволюционных уравнений на основе двух- и трехслойных схем.
- Явные и неявные разностные схемы. Монотонные разностные схемы.

4. Тема №4. Устойчивость конечно-разностных схем дифференциальных уравнений

Темы выступлений:

- Понятие устойчивости разностных схем.
- Необходимое условие устойчивости разностных схем.
- Спектральный метод анализа устойчивости разностных схем.

5. Тема №5. Основы программирования на языке Fortran. Операционная система Linux.

Темы выступлений:

- Основные программные конструкции языка Fortran.
- Основные команды ОС Linux.
- Программное обеспечение для работы на вычислительном кластере.

6. Тема №6. Численное решение параболических уравнений

Темы выступлений:

- Явная и неявная конечно-разностная схема для параболических уравнений
- Метод прогонки для решения неявной разностной схем с трехдиагональной матрицей.
- Сравнительная характеристика разностных схем для параболических уравнений.

7. Тема №7. Численное решение гиперболических уравнений

Темы выступлений:

- Разностные схемы, аппроксимирующие гиперболические уравнения. Схема на-

- правленных разностей.
- Разностные схемы для двумерного уравнения переноса.
- Сравнительная характеристика разностных схем для гиперболических уравнений.

8. Тема №8. Численное решение эллиптических уравнений

Темы выступлений:

- Метод установления с использованием явной разностной схемы.
- Методы Гаусса-Зейделя и верхней релаксации.
- Методы установления на основе схем расщепления и схем предиктор-корректор.

9. Тема №9. Численное решение системы уравнений мелкой воды

Темы выступлений:

- Построение и программная реализация явно-неявной разностной схемы на разнесенных сетках для уравнений мелкой воды.
- Аппроксимация операторов переноса, силы Кориолиса, градиентов давления, уравнения неразрывности, задание касательных напряжений трения.

10. Тема №10 Обзор современных численных моделей динамики моря

Темы выступлений:

- Классификация моделей по типам вертикальных координат.
- Схемы аппроксимации оператора переноса. Схемы аппроксимации по вертикальной координате.
- Реализация условий на открытых границах и технология вложенных сеток.

Критерии оценивания работы на практическом занятии

Работа студента на практическом занятии оценивается по двухбалльной системе: зачтено/ не зачтено. Для допуска к экзамену студент должен получить зачеты по всем пяти темам практических занятий.

Критерии оценки качества работы на практических занятиях	Оценка
Тема не раскрыта, изложение материала носит несистематизированный характер, фрагментарные знания не позволяют сформировать общее представление о существе вопроса.	Не зачтено
Излагаемый материал носит систематизированный характер, выявлены основные физические принципы, изложены математические методы и подходы к описанию турбулентных процессов, сделаны соответствующие выводы	Зачтено

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

В рамках самостоятельной работы студенты осуществляют подготовку к занятиям (в соответствии с пройденным материалом) и к экзамену, а также выполняют расчетно-графические работы.

Выступления на практических занятиях	Получить вариант индивидуального задания у преподавателя. При необходимости произвести подготовку массивов исходных данных, выполнить расчеты. Подготовить необходимые графические материалы и текст. Для лучшего понимания задания воспользоваться рекомендуемой литературой и конспектом лекций. Результаты представить в виде выступления в ходе практического занятия
Самостоятельная работа	Любой практическое занятие включает самостоятельную проработку теоретического материала и изучение методики решения типичных задач. Некоторые задачи содержат элементы научных исследований, которые могут потребовать углубленной самостоятельной проработки теоретического материала. Решение обучающимся самостоятельных задач обычной сложности, направленно на закрепление знаний и умений; Выполнение индивидуальных заданий повышенной сложности направленно на развитие у обучающихся научного мышления и инициативы.
Подготовка к экзамену	Обучающимся предоставляется возможность для самоподготовки и подготовки к экзамену использовать электронный вариант конспекта лекций, подготовленный преподавателем в соответствии с планом лекций.

5.3 ФОРМЫ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация: экзамен

К промежуточной аттестации допускаются обучающиеся, успешно прошедшие все виды текущего контроля. Время подготовки к ответу в ходе экзамена на один билет – 60 минут.

Перечень вопросов экзамена

Тема 1. Роль численных расчетов в океанологии. Основные этапы математического моделирования. Математическая модель океанологического процесса. Численный эксперимент. Корректные и некорректные задачи. Дискретная аппроксимация модели. Существование и единственность решений. Сходимости и устойчивость дискретных задач. Виды погрешностей. Технологии высокопроизводительных технологий. Параллельные вычисления. Вычислительные кластеры и грид-технологии.

Тема 2. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Начальные и граничные условия. Задачи, описываемые эллиптическими уравнениями. Задачи, сводящиеся к параболическим уравнениям, описываемые эллиптическими уравнениями. Задачи, описываемые гиперболическими уравнениями. Уравнения переноса-диффузии. Система трехмерных уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости и ее упрощения. Уравнения мелкой воды

Тема 3. Понятие аппроксимации дифференциальных операторов. Разностные аппроксимации производной первого и второго порядков на основе рядов Тейлора. Аппроксимация по времени эволюционных уравнений на основе двух- и трехслойных схем. Явные и неявные разностные схемы. Монотонные разностные схемы.

Тема 4. Понятие устойчивости разностных схем. Необходимое условие устойчивости разностных схем. Спектральный метод анализа устойчивости разностных схем. Условная устойчивость явной разностной схемы, аппроксимирующей уравнение параболического типа. Абсолютная устойчивость неявной разностной схемы, аппроксимирующей уравнение параболического типа.

Тема 5. Основные программные конструкции языка *Fortran*. Динамическое распределе-

ние памяти и операции ввода-вывода в *Fortran*. Основы ОС *Linux*. Программное обеспечение для работы на вычислительном кластере.

Тема 6. Явная конечно-разностная схемы для параболического уравнения. Неявная конечно-разностная схема для параболического уравнения. Метод прогонки неявных разностных схем с трехдиагональной матрицей. Схема Кранка-Николсона для параболического уравнения. Сравнительная характеристика разностных схем для параболических уравнений.

Тема 7. Трехслойная явная схема, аппроксимирующая гиперболические уравнения. Схема направленных разностей для гиперболических уравнений. Неявные разностные схемы, аппроксимирующие гиперболические уравнения. Разностные схемы для двумерного уравнения переноса. Сравнительная характеристика разностных схем для гиперболических уравнений.

Тема 8. Метод установления с использованием явной разностной схемы для эллиптических уравнений. Методы Гаусса-Зейделя и верхней релаксации для решения эллиптических уравнений.

Тема 9. Интегро-интерполяционный метод построения консервативных разностных схем. Консервативные схемы для одномерного нелинейного уравнения переноса; стационарного одномерного уравнения теплопроводности; двухмерного уравнения переноса.

Тема 10. Основные понятия и концепция метода конечных элементов. Построение численного алгоритма решения уравнения диффузии методом конечных элементов.

Тема 11. Построение и программная реализация явно-неявной разностной схемы на разнесенных сетках для уравнений мелкой воды. Аппроксимация операторов переноса, силы Кориолиса, градиентов давления, уравнения неразрывности в уравнениях мелкой воды.

Тема 12. Классификация моделей динамики моря по типам вертикальной координаты. Схемы аппроксимации оператора переноса в задачах динамики моря. Реализация условий на открытых границах. Технология вложенных сеток.

Критерии оценивания ответа на экзамене

Шкала оценивания: четырехбалльная

Критерии оценивания ответа на экзамене

Критерии оценки ответа	Оценка
Тема не раскрыта, ответ на один из вопросов отсутствует	неудовлетворительно
Тема раскрыта не полностью, ответы на наводящие вопросы позволяют раскрыть тему полностью	удовлетворительно
Тема экзаменационных вопросов раскрыта полностью, ответы на дополнительные вопросы не полные, имеет место нечеткость формулировок.	хорошо
Тема раскрыта полностью, ответы на дополнительные вопросы отражают понимание роли и места обсуждаемой проблемы	отлично

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. *Чижонков Е.В.* Численные методы. Курс лекций, 2012
<http://new.math.msu.su/Sites/demosite/Uploads/lec12.092E3A94162A4E9C851744DC2F74D0BE.pdf>
2. *Döös K., Brodeau L., Lundberg P.* Numerical Methods in Meteorology and Oceanography, 2017, http://doos.misu.su.se/pub/numerical_methods.pdf
3. *Iskandarani M.* Numerical Methods in Fluid Dynamics, Lecture Notes for MPO662, 2015. <https://www.rsmas.miami.edu/users/miskandarani/Courses/MPO662/mpo662.pdf>
4. *Røed L. P.* Atmospheres and Oceans on Computers: Fundamentals, 2015, http://www.uio.no/studier/emner/matnat/geofag/GEF4510/h15/course-material/gef4510_copr-2015.pdf

(предоставляется представителем базовой кафедры МГИ, г. Севастополь)

б) дополнительная литература

1. *Воеводин В.В., Воеводин В.В.* Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 606 с.
2. *Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю.* Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. – М.: Физматлит, 2001. – 608 с.
3. *Самарский А. А., Вабищевич П. Н.* Численные методы решения обратных задач математической физики: Учебное пособие. Изд. 3-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2009. – 480 с.
4. *Kämpf J.* Advanced Ocean Modelling, Springer, 2011.
http://www.irimo.ir/parameters/weather/modules/cdk/upload/content/general_content/File/kotobolomjavi/Advanced Ocean Modelling.pdf
5. *Young T., Mohlenkamp M.J.* Introduction to Numerical Methods and Matlab Programming for Engineers, 2017, <http://www.math.ohiou.edu/courses/math3600/book.pdf>
6. *Schmittner A.* Climate Modeling From Concepts to Codes, 2015, <http://people.oregonstate.edu/~schmita2/Teaching/ATS421-521/2015/CourseNotes.pdf>
7. *Калиткин Н. Н.* Численные методы. – М.: Наука, 1978.
8. *Марчук Г. И.* Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989.
9. *Самарский А. А.* Введение в численные методы. – М.: Наука, 1987.
10. *Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.* Численные методы. 5-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007 – 636 с.
11. *Kowalik Z.* Workbook on Numerical Modeling, Institute of Marine Science University of Alaska, Fairbanks, 2003, <https://www.uaf.edu/files/sfos/Kowalik/workbook.pdf>
12. *Рыжиков Ю.И.* Вычислительные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 396 с.

г) Интернет-ресурсы не предусмотрены

д) профессиональные базы данных не предусмотрены

е) информационные справочные системы не предусмотрены

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
----------------------------	------------------------------------------

Лекции (разделы № 1-12)	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом (семинарском) занятии. Дискуссия.
Практические (семинарские) занятия (разделы №1-12)	Подготовка выступлений с самостоятельной подготовкой материалов. Выполнение подготовка данных, выполнение расчетов, составление текста и создание графических материалов. Подготовки выступлений необходимо применение предлагаемого программного обеспечения, следуя инструкциям, для выполнения расчетно-графических работ. Подготовка дополнительных вопросов. Обсуждения докладов.
Самостоятельная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой. Изложение основных аспектов проблемы, анализ и формирование собственного суждения по исследуемой теме. Подготовка выступления на практическое занятие. Поиск литературы и составление библиографии по теме, использование не менее 5 научных работ. При необходимости: проведение расчетов, построение графиков, анализ полученных результатов.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки.

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
Разделы №1-12	<ul style="list-style-type: none"> – классические лекции – лекции-визуализации по отдельным темам (чтение лекций проводится с использованием слайд-презентаций) – практические занятия - расчетные работы – самостоятельная работа обучающегося - Выступления - опросы 	<p>операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office, -скайп конференции в оборудованной аудитории</p>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, укомплектована специализированной мебелью , набором мультимедийного демонстрационного оборудования и доской, микрофоном, видеокамерой с возможностью видео-конференций.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации– укомплектована специализированной (учебной) мебелью , набором мультимедийного демонстрационного оборудования.

Помещение для самостоятельной работы студентов. Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

Помещение для хранения оборудования (ноутбук, проектор и переносной экран).