

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ПОГОДЫ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.04 «Гидрометеорология»

Направленность (профиль) ОПОП:
«Метеорология»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 21, дата 30.09.2023)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Гидрометеорология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).
ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол №1383).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по общей физике, физической метеорологии, методам метеорологических измерений, высшей математике.
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p>СПК-2 (<i>формируется частично</i>) Способен использовать знания об основах теоретической гидромеханики и их приложений к описанию динамики атмосферы в задачах численного (компьютерного) моделирования атмосферных процессов и прогноза погоды;</p>	<p>СПК-2.1 Использует знания об основах теоретической гидромеханики и их приложений к описанию динамики атмосферы в задачах численного (компьютерного) моделирования атмосферных процессов и прогноза погоды.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы усвоения метеорологических данных наблюдений; новые методы численного решения дифференциальных уравнений гидротермодинамики, описывающих атмосферные процессы; • современные системы численного прогноза погоды; методы оценки качества численных прогнозов погоды. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • работать с файлами, содержащими результаты численных прогнозов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами реализации численных методов, используемых при разработке систем прогноза погоды.

4. Объем дисциплины (модуля) 5 з.е., в том числе 78 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 102 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.
5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка к семинарам	Всего
Тема 1. Введение.	8	4				4	4		4
Тема 2. Математическая формулировка задачи численного прогноза погоды	9	4	1			5	2	2	4
Тема 3. Численные методы, используемые для моделирования атмосферных процессов, и применение пакета MATLAB в задачах численного прогноза погоды	14	6	2			8	4	2	6
<i>Текущая аттестация 1.</i> Устный опрос.	2		2			2			
Тема 4. Современные системы наблюдений и усвоения метеорологических наблюдений.	12	6	2			8	2	2	4
<i>Текущая аттестация 2.</i> Коллоквиум 1.	2		2			2			
Тема 5. Параметризация процессов подсеточного масштаба	11	4	1			5	4	2	6
Тема 6. Текущая погода и сверх краткосрочный численный прогноз погоды.	12	4	2			6	4	2	6

Тема 7. Краткосрочный численный прогноз погоды	12	4	2			6	4	2	6	
<i>Текущая аттестация 3.</i> Контрольная работа	2		2			2				
Тема 8. Среднесрочный численный прогноз погоды.	6	4				4	2		2	
<i>Текущая аттестация 4.</i> Устный доклад	2		2			2				
Промежуточная аттестация	16	<i>Устный экзамен</i>					16			
Итого по 7 семестру	108	54					54			
Тема 9. Прогноз ансамблей, предсказуемость атмосферных процессов, оценка качества прогнозов.	18	4	2			6	6	6	12	
<i>Текущая аттестация 5.</i> Устный опрос.	2		2			2			0	
Тема 10. Технология реализации систем прогноза погоды на суперкомпьютерах	18	4	2			6	6	6	12	
<i>Текущая аттестация 6.</i> Коллоквиум 2.	2		2			2			0	
Тема 11. Современные тенденции развития оперативных систем численного прогноза погоды.	18	4	2			6	6	6	12	
<i>Текущая аттестация 7.</i> Контрольная работа.	2		2			2			0	
Промежуточная аттестация – экзамен в конце 8-го семестра.	12	<i>Устный экзамен</i>					12			
Итого по 8 семестру	72	24					48			
Итого по 7 и 8 семестрам	180	78					102			

Содержание лекций

Тема 1. Введение. История развития численного прогноза погоды как задачи физики крупномасштабных и мезомасштабных процессов с учетом процессов микромасштаба. Классификация ВМО прогнозов погоды по заблаговременности. Постановка общей задачи численных прогнозов погоды. Метод телескопизации. Современные системы численного прогноза погоды и вычислительные системы.

Тема 2. Математическая формулировка задачи численного прогноза погоды. Система полных уравнений гидротермодинамики атмосферных процессов в различных системах вертикальных и горизонтальных координат. Численный прогноз погоды как задача Коши, начальные и граничные условия. Методы инициализации. Решение методических задач численного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.

Тема 3. Численные методы, используемые для моделирования атмосферных процессов, и применение пакета MatLab в задачах численного прогноза погоды. Основы работы в пакете MATLAB и визуализация результатов численных экспериментов. Численные методы решения задач линейной алгебры. Переопределенные системы и метод множественной линейной регрессии. Проблема собственных значений. Решение нелинейных уравнений. Интерполирование. Кубические сплайны. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными. Система уравнений мелкой воды: явные, неявные и полунеявные схемы. Физические и вычислительные моды. Вычислительная дисперсия. Метод расщепления.

Тема 4. Современные системы наблюдений и усвоения метеорологических наблюдений. Системы наблюдений и контроль данных наблюдений. Метод коррекции. Метод полиномиальной и оптимальной интерполяции. Многоэлементный численный анализ. Дискретное и непрерывное усвоение данных. Согласование начальных данных для прогностических моделей атмосферы. Трехмерный и четырехмерный вариационный численный анализ. Решение методических задач численного анализа метеонаблюдений с помощью пакета MatLab.

Тема 5. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Подсеточные процессы и осреднение Рейнольдса. Описание потоков тепла, облачности и осадков в современных прогностических моделях атмосферы.

Тема 6. Текущая погода и сверх краткосрочный численный прогноз погоды. Задача нахождения текущей погоды и ее связь с усвоением данных. Особенности прогноза погоды на срок до 12 часов. Решение методических задач сверх краткосрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.

Тема 7. Краткосрочный численный прогноз погоды. Мезомасштабные модели атмосферы для краткосрочного прогноза погоды. Мезомасштабные модели атмосферы для сверхкраткосрочного прогноза погоды. Современные модели. Решение методических задач краткосрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.

Тема 8. Среднесрочный численный прогноз погоды. Глобальные модели атмосферы для прогноза погоды на средние сроки. Современные прогностические модели атмосферы. Решение методических задач среднесрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.

Тема 9. Прогноз ансамблей, предсказуемость атмосферных процессов, оценка качества прогноза. Прогноз ансамблей в оперативной практике. Рост ошибок и предел предсказуемости. Решение методических задач для оценки качества прогноза погоды с помощью пакета MatLab.

Тема 10. Технология реализации систем прогноза погоды на суперкомпьютерах. Вычислительные системы с общей и распределенной памятью. Параллельные алгоритмы. Технология организации параллельных вычислений в языках программирования Фортран и Си. Решение методических задач с параллельными вычислениями.

Тема 11. Современные тенденции развития численных методов прогноза погоды.

План проведения семинаров

1. Методы интерполирования и основы работы в пакете MatLab. Язык программирования пакета MatLab. Полиномы Лагранжа, Ньютона. Кубические сплайны. Постановка задачи аппроксимации функции. Среднеквадратические приближения. Уравнения регрессии. Двухпараметрическая зависимость, общий случай.
2. Численные методы решения систем алгебраических уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений, дифференциальных уравнений с частными производными. Прямые и итерационные методы решения задач линейной алгебры. Переопределенные системы и метод множественной линейной регрессии. Проблема собственных значений. Решение нелинейных уравнений. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод прогонки для решения трехдиагональных матриц. Решение одномерных и двумерных уравнений диффузии, адвекции и Пуассона. Численные эксперименты с явными, неявными и полунявными схемами. Спектральный метод.
3. Файлы с данными наблюдений и результатами прогноза погоды и работа с ними. Форматы метеоданных. Визуализация и нахождение оценок результатов прогноза погоды.
4. Практика работы на современных суперкомпьютерах. Параллельные вычисления. Приемы подготовки программ с применением MPI и OpenPL. Подготовка и отладка методических программ.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

Подготовка студентами устных докладов, коллоквиумы, проведение письменных контрольных 15-минутных работ.

Текущая аттестация №1. Устный опрос
Текущая аттестация №2. Коллоквиум 1
Текущая аттестация №3. Контрольная работа
Текущая аттестация №4. Устный доклад
Текущая аттестация №5. Устный опрос
Текущая аттестация №6. Коллоквиум 2

Текущая аттестация №7. Контрольная работа

Примерный перечень тем для проверочных работ

Примерные темы устных докладов

1. Оперативная система глобальных прогноза погоды метеорологической службы Великобритании <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model>
2. Современные мезомасштабные негидростатические прогностические модели атмосферы европейского консорциума COSMO <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm>
3. Мезомасштабные модели атмосферы WRF, ARW и WRF-NMM. <http://www.wrf-model.org/wrfadmin/publications.php>
<http://www.emc.ncep.noaa.gov>
4. Оперативная система прогноза погоды ЕЦСПП. <http://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support/changes-ecmwf-model/>
5. Современная глобальная прогностическая модель атмосферы метеорологической службе США <http://www.emc.ncep.noaa.gov/?doc=doc>
6. Современная глобальная прогностическая модель атмосферы, используемая в метеорологической службе Японии. <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/nwp.html>
7. Современная глобальная прогностическая модель атмосферы, используемая в метеорологической службе Канады http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/http://collaboration.cmc.ec.gc.ca/science/rpn/gef_html_public/index.html

В докладе должно быть отражено:

1. Вертикальные и горизонтальные координаты
2. Сетка, шаги, уровни
3. Метод решения (спектральный, конечно-разностный, явный, неявный, полулагранжев, полуявный и т.д. с пояснением идеи метода)
4. Используемый суперкомпьютер и его характеристики.
5. Примеры карт, метеограмм и другой графической продукции с пояснениями
6. Как на сайте службы сделано доведение прогнозов до массового пользователя. Ваше мнение об удачных находках использованной визуализации.

Контрольные вопросы коллоквиума 1.

1. Постановка общей задачи глобального и регионального численных прогнозов погоды.
2. Метод телескопизации.
3. Система полных уравнений гидротермодинамики атмосферных процессов в различных системах вертикальных и горизонтальных координат.

4. Численный прогноз погоды как задача Коши, начальные и граничные условия. Методы инициализация.
5. Численные методы решения задач линейной алгебры.
6. Переопределенные системы и метод множественной линейной регрессии.
7. Интерполирование. Кубические сплайны.
8. Численное дифференцирование и интегрирование.
9. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
10. Численные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными.
11. Система уравнений мелкой воды: явные, неявные и полунеявные схемы.
12. Физические и вычислительные моды. Вычислительная дисперсия.
13. Метод расщепления.

Контрольные вопросы коллоквиума 2.

1. Метод коррекции.
2. Метод оптимальной интерполяции.
3. Многоэлементный численный анализ.
4. Дискретное и непрерывное усвоение данных.
5. Согласование начальных данных для прогностических моделей атмосферы.
6. Трехмерный и четырехмерный вариационный численный анализ.
7. Параметризация процессов подсеточного масштаба.
8. Описание влажности, облачности и осадков в современных прогностических моделях атмосферы.
9. Текущая погода и сверхкраткосрочный численный прогноз погоды.
10. Краткосрочный численный прогноз погоды.
11. Мезомасштабные модели атмосферы для краткосрочного прогноза погоды.
12. Мезомасштабные модели атмосферы для сверхкраткосрочного прогноза погоды.
13. Современные модели.
14. Среднесрочный численный прогноз погоды.
15. Глобальные модели атмосферы для прогноза погоды на средние сроки. Современные прогностические модели атмосферы.
16. Прогноз ансамблей, предсказуемость атмосферных процессов, оценка качества прогноза.
17. Прогноз ансамблей в оперативной практике.
18. Технология реализации систем прогноза погоды на суперкомпьютерах.
19. Вычислительные системы с общей и распределенной памятью.
20. Технология организации параллельных вычислений в языках программирования Фортран и Си.
21. Решение методических задач с параллельными вычислениями.

Примерные темы для устных опросов

1. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений: схема единственного деления, схема с выбором ведущего элемента. Метод прогонки для трехдиагональной матрицы. Метод итерации решения системы линейных алгебраических уравнений: метод Якоби, метод Гаусса-Зейделя, метод релаксации. Переопределенные системы линейных алгебраических уравнений и метод наименьших квадратов их решения.
2. Интерполяция и аппроксимация функций. Постановка задачи интерполяции. Полиномы Лагранжа и Ньютона. Интерполяция сплайнами. Постановка задачи аппроксимации функции. Среднеквадратические приближения. Уравнения регрессии. Двухпараметрическая зависимость, общий случай.
3. Интегрирование определенного интеграла. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Формула прямоугольников, составная формула прямоугольников и оценка погрешности. Формула трапеций, составная формула трапеций и оценка погрешности. Формула Симпсона, составная формула Симпсона и оценка погрешности. Квадратурная формула Гаусса: идея и формула. Квадратурная формула Чебышева: идея и формула. Формула Рунге-Ромберга при известном порядке погрешности для уточнения значения определенного интеграла. Формула Эйткена при неизвестном порядке погрешности для уточнения значения определенного интеграла. Оценка порядка погрешности с помощью формулы Эйткена. Адаптивная формула нахождения значения определенного интеграла.
4. Решение нелинейных уравнений. Классификация уравнений и основные этапы решения. Метод половинного деления (бисекции, дихотомии) решения одного нелинейного уравнения. Методы простой итерации, выбор оптимального значения весового коэффициента решения одного нелинейного уравнения. Метод Ньютона решения одного нелинейного уравнения и геометрическая интерпретация этого метода. Метод Ньютона решения системы нелинейных уравнений.
5. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Сходимость. Аппроксимация. Сходимость. Теорема сходимости. Численные методы решения ОДУ: Эйлера, Адамса, Рунге-Кутта.
6. Решение дифференциальных уравнений с частными производными. Сходимость. Аппроксимация. Сходимость. Теорема сходимости. Численные методы решения параболических уравнений (уравнения теплопроводности, явные и неявные схемы). Численные методы решения эллиптических уравнений (уравнения Пуассона и Лапласа). Численные методы решения гиперболических уравнений (уравнения переноса).
7. Современные системы наблюдений и усвоения метеорологических наблюдений. Системы наблюдений и контроль данных наблюдений. Метод коррекции. Метод оптимальной интерполяции. Многоэлементный численный анализ. Дискретное и непрерывное усвоение данных. Согласование начальных данных для прогностических моделей атмосферы. Трехмерный и четырехмерный вариационный численный анализ. Решение методических задач численного анализа метеонаблюдений с помощью пакета MatLab.
8. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Подсеточные процессы и осреднение Рейнольдса. Описание влажности, облачности и осадков в современных прогностических моделях атмосферы.

9. Текущая погода и сверх краткосрочный численный прогноз погоды. Задача нахождения текущей погоды как часть усвоения данных. Особенности прогноза погоды на срок до 12 часов. Решение методических задач сверх краткосрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.
10. Краткосрочный численный прогноз погоды. Мезомасштабные модели атмосферы для краткосрочного прогноза погоды. Мезомасштабные модели атмосферы для сверхкраткосрочного прогноза погоды. Современные модели. Решение методических задач краткосрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.
11. Среднесрочный численный прогноз погоды. Глобальные модели атмосферы для прогноза погоды на средние сроки. Современные прогностические модели атмосферы. Решение методических задач среднесрочного прогноза погоды с помощью пакета MatLab.
12. Прогноз ансамблей, предсказуемость атмосферных процессов, оценка качества прогноза. Прогноз ансамблей в оперативной практике. Рост ошибок и предел предсказуемости. Решение методических задач оценки качества прогноза погоды с помощью пакета MatLab.
13. Технология реализации систем прогноза погоды на суперкомпьютерах. Вычислительные системы с общей и распределенной памятью. Параллельные алгоритмы. Технология организации параллельных вычислений в языках программирования Фортран и Си. Решение методических задач с параллельными вычислениями.

Примеры вопросов для письменных контрольных работ

1. Классификация макро-, мезо- и микромасштабных атмосферных процессов.
2. Классификация ВМО заблаговременностей прогноза погоды.
3. Ряд Тейлора. Формула Тейлора.
4. Ряд Фурье. Конечный ряд Фурье.
5. Определение сферических гармоник.
6. Интерполяционный полином Лагранжа и его погрешность.
7. Определение полинома Лежандра.
8. Нахождение определенного интеграла: составная формула Симпсона и ее погрешность.
9. Нахождение определенного интеграла: идея метода Гаусса.
10. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка решения системы ОДУ, локальная аппроксимация и точность.
11. Неявная схема для уравнения теплопроводности и ее устойчивость
12. Явная схема для уравнения теплопроводности, число Куранта и ее устойчивость.
13. Явная устойчивая схема для уравнения адвекции $u_t - 5u_x = f(t)$ с указанием числа Куранта и критерия Куранта.
14. Схема второго порядка аппроксимации для уравнения Пуассона для двух независимых переменных.
15. Шаги сетки для оперативных глобальных моделей IFS, ICON, GFS, GSM, UKMO и полное название этих моделей.

Перечень примерных вопросов к экзамену (7 семестр)

1. Метод Гаусса решения систем линейных алгебраических уравнений: схема единственного деления, схема с выбором ведущего элемента.
2. Метод прогонки для трехдиагональной матрицы.
3. Метод итерации решения системы линейных алгебраических уравнений: метод Якоби, метод Гаусса-Зейделя, метод релаксации.
4. Переопределенные системы линейных алгебраических уравнений и метод наименьших квадратов их решения.
5. Постановка задачи интерполяции. Полиномы Лагранжа и Ньютона.
6. Интерполяция сплайнами.
7. Постановка задачи аппроксимации функции. Среднеквадратические приближения.
8. Уравнения регрессии. Двухпараметрическая зависимость, общий случай.
9. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
10. Формула прямоугольников, составная формула прямоугольников и оценка погрешности. Формула трапеций, составная формула трапеций и оценка погрешности.
11. Формула Симпсона, составная формула Симпсона и оценка погрешности. Квадратурные формулы Гаусса и Чебышева: идея и формула.
12. Формула Рунге-Ромберга при известном порядке погрешности для уточнения значения определенного интеграла. Формула Эйткена при неизвестном порядке погрешности для уточнения значения определенного интеграла. Оценка порядка погрешности с помощью формулы Эйткена. Адаптивная формула нахождения значения определенного интеграла.
13. Классификация уравнений и основные этапы решения. Метод половинного деления (бисекции, дихотомии) решения одного нелинейного уравнения.
14. Методы простой итерации, выбор оптимального значения весового коэффициента решения одного нелинейного уравнения.
15. Метод Ньютона решения одного нелинейного уравнения и геометрическая интерпретация этого метода. Метод Ньютона решения системы нелинейных уравнений.
16. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ): сходимость, аппроксимация, сходимость, теорема сходимости.
17. Численные методы решения ОДУ: Эйлера, Адамса, Рунге-Кутта.
18. Решение дифференциальных уравнений с частными производными: сходимость, аппроксимация, сходимость, теорема сходимости.
19. Численные методы решения параболических уравнений (уравнения теплопроводности, явные и неявные схемы).
20. Численные методы решения эллиптических уравнений (уравнения Пуассона и Лапласа).
21. Численные методы решения гиперболических уравнений (уравнения переноса).
22. Метод коррекции.
23. Метод оптимальной интерполяции.
24. Многоэлементный численный анализ.
25. Дискретное и непрерывное усвоение данных.
26. Трехмерный и четырехмерный вариационный численный анализ.
27. Согласование начальных данных для прогностических моделей атмосферы.

28. Параметризация процессов подсеточного масштаба.
29. Подсеточные процессы и осреднение Рейнольдса.
30. Описание влажности, облачности и осадков в современных прогностических моделях атмосферы.
31. Методы оценки текущей погоды (наукастинг).
32. Сверхкраткосрочный численный прогноз погоды.
33. Задача нахождения текущей погоды как часть усвоения данных. Особенности прогноза погоды на срок до 12 часов.
34. Мезомасштабные модели атмосферы для сверхкраткосрочного прогноза погоды.
35. Краткосрочный численный прогноз погоды. Мезомасштабные модели атмосферы для краткосрочного прогноза погоды.
36. Современные мезомасштабные прогностические модели атмосферы.
37. Среднесрочный численный прогноз погоды. Глобальные модели атмосферы для прогноза погоды на средние сроки.

Перечень примерных вопросов к экзамену (8 семестр)

В 8 семестре зачет проводится по результатам текущего контроля успеваемости.

1. Современные глобальные прогностические модели атмосферы.
2. Прогноз ансамблей и предсказуемость атмосферных процессов.
3. Оценка качества прогноза. Рост ошибок и предел предсказуемости.
4. Технология реализации систем прогноза погоды на суперкомпьютерах.
5. Технология организации параллельных вычислений в языках программирования Фортран и Си++.

Шкала и критерии оценивания

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение	Успешное и систематическое умение

			(допускает неточности непринципиального характера)	
Навыки (владения, опыт деятельности)(виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

Основная литература:

1. Бахвалов Н.С. Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004, 636 с.
2. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. Л.: Гидрометеиздат, 1987, 296 с.
3. Durran D. Numerical Methods for Fluid Dynamics With Applications to Geophysics. Springer: New York, Dordrecht, Heidelberg, London, 2010. 516 p.
4. Kalnay E. Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press. 2003. 341 p.
5. Warner T. Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge University Press. 2011. 526 p.

Дополнительная литература:

1. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. М.: МГУ, 2004, 71 с.
2. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. М.: Высшая школа, 1994, 544 с.
3. Белов П.Н. Сборник упражнений по численным методам прогноза погоды. Л., Гидрометеиздат, 1980, 136 с.
4. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. БХВ-Петербург, 2002, 608 с.
5. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 1998.
6. Марчук Г.И.. Методы вычислительной математики. М: Наука, Физматгиз, 1989, 608 с.
7. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988, 423 с.
8. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М: Наука, Физматгиз, 1977, 736 с.
9. Holton J. An Introduction to Dynamic Meteorology, 4th Edition. Academic Press, 2004, 535 p.
10. Wallace M., Hobbs V. Atmospheric Sciences, An Introductory Survey, 2nd Edition. Academic Press / Elsevier, 2006, 483 p.

- *программное обеспечение и Интернет-ресурсы*

Географическая информационная система МЕТЕО (ГИС МЕТЕО) - система обработки и представления текущей и прогностической аэросиноптической информации.

Прямой доступ к оперативной базе данных прогноза погоды Гидрометцентра РФ.

Доступ к результатам прогнозов ведущих мировых центров прогноза погоды с помощью сайта <http://www.wetterzentrale.de/>.

[Данные вертикального зондирования атмосферы \(архив ун-та штата Wyoming\)](#).

[Международный центр распространения данных \(DDC-IPPC\)](#)

[Метеоданные \(архив факультета метеорологии Флоридского университета\)](#)

Статистическая структура глобальной атмосферы по данным радиозондирования <http://www.meteo.ru/rihmi/oa/issl.htm>

- *Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем*

www.sciencedirect.com реферативная база данных издательства Elsevier:

<http://www.cao-rhms.ru/> - официальный сайт Центральной аэрологической обсерватории Росгидромета;

<http://www.zondr.ru/> - официальный сайт ФГУП «Гидрометпоставка»;

http://www.wmo.int/pages/index_ru.html - русскоязычный сайт Всемирной метеорологической организации.

- *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»*

поисковая система научной информации www.scopus.com

электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором и доской

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Ривин Гдалий Симонович, преподаватель – Ривин Гдалий Симонович.

11. Разработчик программы:

Ривин Гдалий Симонович, д.ф.-м.н., профессор кафедры метеорологии и климатологии.