

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт экологии и природопользования



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины Динамическая метеорология

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология
Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Гурьянов В.В. (кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, отделение природопользования), Vladimir.Guryanov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности.
ПК-2	Способность понимать, излагать критически анализировать базовую информацию в гидрометеорологии, данных мониторинга состояния окружающей среды, данных дистанционного зондирования Земли (атмосферы) и источников из информационно-телекоммуникационной сети Интернет при документировании результатов камеральных изысканий.

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- систему уравнений гидротермодинамики, термодинамические процессы в сухом воздухе, включая первое начало термодинамики и условия статической устойчивости атмосферы. Знать термодинамические процессы во влажном воздухе, второе начало термодинамики, основные характеристики радиации и законы излучения, уравнения переноса радиации в атмосфере. Знать основные характеристики уравнений гидротермодинамики для турбулентной и свободной атмосферы, соотношения геострофического и термического ветра;
- основные характеристики уравнений гидротермодинамики для ламинарной, турбулентной и свободной атмосферы, термодинамику сухого и влажного воздуха, характеристики и законы излучения.

Должен уметь:

- ориентироваться во всем многообразии пространственных и временных масштабов термодинамических процессов, происходящих в сухой атмосфере. Уметь ориентироваться во всем многообразии пространственных и временных масштабов термодинамических процессов, происходящих во влажной атмосфере и в процессах переноса лучистой энергии в атмосфере. Уметь использовать полученные теоретические знания об уравнениях гидротермодинамики для турбулентной и свободной атмосферы для анализа информации в области динамики и термодинамики атмосферы;
- использовать полученные теоретические знания об уравнениях гидротермодинамики для турбулентной и свободной атмосферы для анализа информации в области динамики и термодинамики атмосферы.

Должен владеть:

- способностью понимать и анализировать базовую информацию фундаментальных разделов физики и химии в гидрометеорологических исследованиях;
- навыками, необходимыми для понимания современной литературы для решения задач динамики атмосферы, и владеть способностью понимать, излагать и критически анализировать базовую метеорологическую информацию.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.03.04 "Гидрометеорология (Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 3 курсе в 5, 6 семестрах.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) на 252 часа(ов).

Контактная работа - 116 часа(ов), в том числе лекции - 60 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 2 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре; экзамен в 6 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Введение. Основные уравнения гидротермодинамики.	5	4	0	3	0	0	0	6
2.	Тема 2. Тема 2. Термодинамические процессы в сухом воздухе. Первое начало термодинамики.	5	2	0	3	0	0	0	6
3.	Тема 3. Тема 3. Условия статической устойчивости атмосферы. Энергия неустойчивости. Уровень термической конвекции.	5	2	0	3	0	0	0	6
4.	Тема 4. Тема 4. Термодинамические процессы во влажном воздухе. Уравнение состояния реальных газов и фазовые переходы.	5	4	0	2	0	0	0	6
5.	Тема 5. Тема 5. Второе начало термодинамики. Условия равновесия фаз.	5	4	0	3	0	0	0	4
6.	Тема 6. Тема 6. Основные понятия и законы излучения. Рассеяние света. Оптические свойства поверхностей. Контур спектральной линии.	5	2	0	3	0	0	0	4
7.	Тема 7. Тема 7. Уравнения переноса радиации. Интегрирование уравнений переноса в разных спектральных областях.	5	4	0	3	0	0	0	2
8.	Тема 8. Тема 8. Уравнения переноса длинноволновой радиации.	5	3	0	3	0	0	0	2
9.	Тема 9. Тема 9. Уравнения переноса коротковолновой радиации в атмосфере.	5	3	0	3	0	0	0	5
10.	Тема 10. Тема 10. Перенос радиации в облаках и туманах. Радиационный баланс.	5	4	0	2	0	0	0	5
11.	Тема 11. Тема 11. Лучистый теплообмен и теория климата.	5	4	0	2	0	0	0	4
12.	Тема 12. Тема 12. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы. Турбулентный характер атмосферных движений и его математическое описание.	6	2	0	2	0	0	0	6
13.	Тема 13. Тема 13. Уравнения гидротермодинамики для осредненных величин. Замыкание системы уравнений гидротермодинамики.	6	4	0	4	0	0	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная рабо- та
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
14.	Тема 14. Пограничный слой атмосферы. Система уравнений для пограничного слоя атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) и приземный подслой. Вертикальные профили метеорологических величин. Малопараметрические модели ППС с априорным профилем коэффициента турбулентности.	6	6	0	6	0	0	0	6
15.	Тема 15. Крупномасштабные движения в свободной атмосфере. Уравнение движения для свободной атмосферы и их линеаризация.	6	4	0	4	0	0	0	6
16.	Тема 16. Градиентный и геострофический ветер. Особенности динамики экваториальной атмосферы. Термический ветер. Агеострофический ветер.	6	4	0	4	0	0	0	6
17.	Тема 17. Поверхности раздела в атмосфере. Основные свойства поверхностей раздела. Наклон поверхности раздела к горизонту.	6	4	0	4	0	0	0	4
	Итого		60	0	54	0	0	0	82

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Тема 1. Введение. Основные уравнения гидротермодинамики.

Атмосфера как сплошная среда. Атмосфера, являющаяся смесью газов, представляет собой систему, состоящую из огромного числа элементарных частиц (молекул в нижнем слое, атомов и молекул в верхнем), находящихся в непрерывном хаотическом движении. При математическом описании большинства атмосферных явлений возникает важный вопрос: можно ли отвлечься от дискретной структуры атмосферы и рассматривать ее как сплошную среду? Использование гипотезы сплошности позволяет ввести в рассмотрение ряд макроскопических величин, таких, как скорость движения воздуха, его температура, плотность, давление и сформулировать уравнения, описывающие изменение этих величин в пространстве и во времени.

Общая формулировка уравнения баланса в интегральной форме.

Общая формулировка уравнения баланса в дивергентной форме.

Уравнение неразрывности (частная производная плотности по времени).

Уравнение неразрывности (полная производная плотности по времени).

Уравнение неразрывности для несжимаемой атмосферы.

Уравнения движения в тензорном виде.

Уравнение баланса внутренней энергии.

Уравнение состояния сухого воздуха.

Система уравнений гидротермодинамики.

Тема 2. Тема 2. Термодинамические процессы в сухом воздухе. Первое начало термодинамики.

Уравнения первого начала термодинамики для идеальных газов. Квасистатический процесс.

Связь между термодинамическими характеристиками при заданном притоке тепла.

Политропические процессы. Соотношения представляют определенный интерес, так как, придавая величине любые положительные и отрицательные значения, можно в некоторых случаях достаточно точно аппроксимировать реальные атмосферные процессы (изохорический процесс, изобарический процесс, изотермический процесс, адиабатический процесс).

Адиабатический процесс. Потенциальная температура.

Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха.

Сухоадиабатический градиент.

Изменение температуры перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха при политропическом процессе.

Изменение с высотой потенциальной температуры.

Тема 3. Тема 3. Условия статической устойчивости атмосферы. Энергия неустойчивости. Уровень термической конвекции.

Состояния статической устойчивости атмосферы.

Неустойчивым называется состояние атмосферы, при котором вертикально смещающаяся частица воздуха получает ускорение, совпадающее с направлением движения. Устойчивым называется состояние атмосферы, когда при движении частицы возникает отрицательное ускорение. Равновесным называется состояние атмосферы, когда вертикальные смещения происходят без ускорения.

Условия статической устойчивости атмосферы.

Условия статической устойчивости атмосферы в терминах потенциальной температуры.

Уровень термической конвекции (уровень выравнивания температур).

Уровень термической конвекции (уровень обращения в нуль вертикальной скорости).

Энергия неустойчивости.

При решении различных задач, связанных с конвективными движениями в устойчиво стратифицированной атмосфере, представляет интерес определение уровня, где температура частицы становится равной температуре окружающей среды, а также уровня, где обращается в нуль вертикальная составляющая скорости частицы. В метеорологии и тот и другой уровень называется уровнем термической конвекции.

Тема 4. Тема 4. Термодинамические процессы во влажном воздухе. Уравнение состояния реальных газов и фазовые переходы.

Основные характеристики влажного воздуха и соотношения между ними. Плотность водяного пара называется обычно абсолютной влажностью воздуха. Отношение массы водяного пара к массе влажного воздуха в фиксированном объеме называется удельной влажностью. Отношение массы водяного пара к массе сухого воздуха в фиксированном объеме называется отношением смеси. Обычно они измеряются в промилле или в г/кг. Парциальное давление водяного пара называется упругостью. Парциальное давление насыщенного водяного пара называется максимальной упругостью или упругостью насыщения. Относительная влажность воздуха - отношение фактической упругости водяного пара к максимальной упругости при данной температуре.

Уравнение состояния реальных газов и фазовые переходы при фиксированной температуре.

Критическая точка и уравнение Ван-дер-Ваальса в универсальном виде.

Уравнение состояния реальных газов в вириальной форме.

Тема 5. Тема 5. Второе начало термодинамики. Условия равновесия фаз.

Основные положения второго начала термодинамики .

Совместная запись I и II начала термодинамики.

Применение II начала термодинамики к системе атмосфера-океан-суша.

Термодинамические флуктуации.

Статистический смысл энтропии.

Второе начало термодинамики и условия устойчивости атмосферы.

Условие равновесия фаз.

Тема 6. Тема 6. Основные понятия и законы излучения. Рассеяние света. Оптические свойства поверхностей. Контур спектральной линии.

Основные характеристики радиации.

Закон Ламберта-Буге.

Характеристики ослабления и излучения радиации.

Полное термодинамическое равновесие.

Закон Кирхгофа.

Закон Планка.

Закон смещения Вина.

Закон Стефана-Больцмана.

Локальное термодинамическое равновесие.

Рассеяние света.

Релеевское рассеяние.

Рассеяние света на крупных частицах.

Оптические свойства поверхностей.

Оптические свойства естественных подстилающих поверхностей и облаков.

Контур спектральной линии.

Зависимость коэффициентов поглощения от давления и температуры.

Эффект Форбса.

Излучение Солнца и Земли и его преобразование в различных спектральных областях.

Тема 7. Тема 7. Уравнения переноса радиации. Интегрирование уравнений переноса в разных спектральных областях.

Уравнения переноса восходящей и нисходящей радиации.

Изменение интенсивности излучения, распространяющегося в поглощающей, излучающей и рассеивающей среде, описывается уравнениями переноса радиации, которые могут быть сформулированы с помощью основных законов поглощения, излучения и рассеяния. Получим эти уравнения для так называемой плоскопараллельной атмосферы, т.е. для плоского, горизонтально однородного и бесконечно протяженного по горизонтали слоя атмосферы. Иными словами, для простоты пренебрегаем кривизной Земли и атмосферы. Такое рассмотрение приводит к заметным ошибкам для очень больших зенитных углов (больше 85°).

Тема 8. Тема 8. Уравнения переноса длинноволновой радиации.

Уравнения переноса длинноволновой радиации в атмосфере.

Граничные условия в задаче переноса длинноволновой радиации в атмосфере.

Интегрирование уравнений переноса длинноволновой радиации в неизлучающей атмосфере.

Интегрирование уравнений переноса длинноволновой радиации в излучающей атмосфере.

Решение уравнения переноса нисходящей длинноволновой радиации.

Функции пропускания длинноволновой радиации.

Уравнения переноса длинноволновой радиации описывают изменение интенсивности монохроматической радиации в слое атмосферы толщиной на произвольной высоте. Знание спектральных (монохроматических) интенсивностей радиации представляет интерес для целого ряда специальных задач атмосферной оптики, в частности для определения температуры, влажности и других метеоэлементов с помощью искусственных спутников Земли. Однако для динамики атмосферы первостепенный интерес представляет тепловой эффект радиации, т.е. интегральные потоки восходящей и нисходящей радиации на разных уровнях.

Тема 9. Тема 9. Уравнения переноса коротковолновой радиации в атмосфере.

Уравнения переноса коротковолновой радиации в атмосфере.

Граничные условия в задаче переноса коротковолновой радиации в атмосфере.

Уравнение переноса прямой солнечной радиации.

Интегрирование уравнения переноса прямой солнечной радиации.

Функции пропускания прямой солнечной радиации.

Уравнения переноса рассеянной солнечной радиации в безоблачной атмосфере.

Интегрирование уравнения переноса восходящей рассеянной радиации в безоблачной атмосфере.

Интегрирование уравнения переноса нисходящей рассеянной радиации в безоблачной атмосфере.

Для коротковолновой (солнечной) радиации уравнения переноса получают из уравнений (4.2.1) и (4.2.2), если пренебречь собственным излучением атмосферы. Целесообразно преобразовать последний член в этих уравнениях, описывающий усиление радиации за счет рассеяния. Поэтому солнечная радиация в данный момент времени распространяется в каком-то фиксированном направлении, и, стало быть, радиацию, возникающую при рассеянии прямой солнечной радиации, нет необходимости интегрировать по направлениям и . Это так называемое первичное рассеяние.

Однако, помимо прямой солнечной радиации, в атмосфере имеется и рассеянная солнечная радиация, распространяющаяся во всех возможных направлениях. Эта радиация дает вклад так называемого многократного рассеяния (т.е. рассеяния рассеянной радиации). Поскольку прямая радиация Солнца обычно значительно больше, чем рассеянная, вклад многократного рассеяния мал и часто им можно пренебречь по сравнению с первичным рассеянием (т.е. рассеянием прямой солнечной радиации). Но в некоторых задачах, когда рассеяние очень велико, рассеянная радиация может быть сравнима с прямой и даже превышать ее. В этом случае необходимо рассматривать именно многократное рассеяние. Наглядным примером такого сильного рассеяния является рассеяние радиации в облаках и туманах. При достаточно плотной облачности диск солнца становится невидимым. Это означает, что вся первоначальная прямая радиация рассеяна в облаке и в нижнем подоблачном слое распространяется (а значит, и рассеивается) только рассеянная радиация.

Тема 10. Тема 10. Перенос радиации в облаках и туманах. Радиационный баланс.

Перенос радиации в облаках и туманах.

Радиационный баланс на произвольном уровне в атмосфере.

Радиационное изменение температуры.

В облаках и туманах, т. е. в слоях воздуха, содержащих взвешенные капельки воды и кристаллики льда, радиация поглощается и рассеивается значительно сильнее, чем в безоблачной атмосфере.

В случае длинноволновой радиации задача решается сравнительно просто. Рассеяние приводит к изменению направления распространения части лучей, но без изменения общего количества радиации. Так, например, часть нисходящей радиации рассеивается назад и добавляется к потоку восходящей радиации (и наоборот). Поскольку восходящая длинноволновая радиация (излучаемая более теплыми и влажными слоями атмосферы) всегда больше нисходящей, рассеяние приводит к некоторому уменьшению восходящего и увеличению нисходящего потоков. Однако этот эффект мал, и им можно пренебречь. Гораздо большую роль играет удлинение пути, пройденного радиацией, в результате многократных рассеяний фотонов облачными каплями. Оно приводит к большему поглощению радиации каплями и атмосферными газами.

Тема 11. Темы 11. Лучистый теплообмен и теория климата.

Вертикальный профиль температуры при лучистом равновесии атмосферы.

Скачок температуры вблизи земной поверхности при лучистом равновесии.

Используя полученные выше выражения, можно рассчитать интегральные потоки коротковолновой и длинноволновой радиации на произвольном уровне.

Основной целью радиационных расчетов является определение радиационного баланса на разных уровнях и для системы Земля - атмосфера в целом, а также лучистых притоков тепла в атмосфере.

Радиационный баланс на произвольном уровне представляет собой разность нисходящих и восходящих потоков (здесь через и обозначены потоки рассеянной вниз и рассеянной вверх, т. е. отраженной, радиации). Радиационный баланс равен количеству лучистой энергии, которая поступает за единицу времени на единицу площади земной поверхности. Радиационный баланс для слоя произвольной толщины как разность радиационных балансов на границах слоя. Наиболее интересен радиационный баланс всей атмосферы.

Тема 12. Темы 12. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы. Турбулентный характер атмосферных движений и его математическое описание.

Понятие о турбулентности. Критерий возникновения турбулентности О. Рейнольдса.

Теоретический подход к проблеме возникновения турбулентности.

Теория устойчивости ламинарных течений Ландау.

Зависимость числа Рейнольдса от пространственного масштаба атмосферных движений.

Энергетический подход к исследованию условий существования турбулентного режима.

Ламинарные и турбулентные течения представляют собой два вида движений, свойства которых существенно отличаются и которые при определенных условиях переходят один в другой. Различия между ними проявляются в целом ряде процессов, имеющих большое практическое значение. Достаточно указать на то, что при турбулентном режиме воздействие потока на обтекаемые жидкостью или газом тела оказывается значительно большим, чем при ламинарном. Важным также является то, что в турбулентных потоках гораздо интенсивнее происходит диффузия тепла и примесей. Вследствие этого определение условий перехода ламинарного режима в турбулентный оказывается очень важным для решения многих прикладных задач. В то же время выяснение механизма возникновения турбулентности должно способствовать пониманию природы турбулентного движения, поэтому изучение этого вопроса представляется интересным и для физики атмосферы.

Критерий возникновения турбулентности О. Рейнольдса. Число Рейнольдса характеризует относительную роль сил инерции и молекулярной вязкости в динамике течения. Это следует из оценки по порядку величины соответствующих членов в уравнении Навье-Стокса.

Тема 13. Темы 13. Уравнения гидротермодинамики для осредненных величин. Замыкание системы уравнений гидротермодинамики.

Эргодическая гипотеза.

Сглаживание турбулентных пульсаций.

Правила осреднения.

Общее уравнение баланса для осредненных величин.

Модель турбулентного обмена Прандтля.

Связь вертикальных турбулентных потоков с осредненными полями.

Связь турбулентных потоков с осредненными полями для трехмерного потока.

Общее уравнение баланса для турбулентной атмосферы.

Уравнение неразрывности для осредненных величин.

Общее уравнение баланса с учетом уравнения неразрывности.

Уравнение диффузии примеси.

Уравнение баланса влажности для турбулентной атмосферы.

Уравнения движения для турбулентной атмосферы.

Уравнение притока тепла для турбулентной атмосферы.

Принципы осреднения. Как уже отмечалось, мгновенные поля всех гидродинамических элементов в турбулентном потоке являются случайными. Это означает, что при постановке ряда экспериментов при идентичных внешних условиях каждая реализация будет осуществляться с некоторой степенью вероятности. (Для сравнения вспомним, что в ламинарном потоке при неоднократном воспроизведении одного и того же опыта результаты будут тождественны.)

Средним в турбулентном потоке будет являться среднее по множеству реализаций, образующих статистический ансамбль. При этом устойчивые средние значения величин могут быть получены при достаточно большом числе испытаний. Иными словами, под средним значением следует понимать предел, к которому стремится та или иная пульсирующая величина при неограниченно возрастающем числе наблюдений, когда внешние условия для всех случаев сохраняются неизменными (осреднение по ансамблю).

Однако при изучении атмосферных процессов практически невозможно получить средние по статистическому ансамблю, так как невозможно осуществить множество опытов при неизменных внешних условиях. Поэтому в действительности используется осреднение во времени или в пространстве. При этом для полей метеорологических элементов предполагается справедливой эргодическая гипотеза. Она утверждает, что при определенных условиях возможна замена средних по множеству средними по времени или пространству. Кинетическая энергия турбулентных пульсаций. Общее уравнение баланса.

Приращение кинетической энергии турбулентности за счет кинетической энергии среднего движения.

Приращение кинетической энергии турбулентности за счет работы сил плавучести.

Уравнение баланса кинетической энергии турбулентных пульсаций.

Гипотезы замыкания, которые позволяют в принципе уравнивать число уравнений и неизвестных. В дальнейшем будут рассмотрены некоторые из них и приведены те дополнительные соотношения, которые позволяют замкнуть всю систему гидротермодинамики турбулентной атмосферы.

Тема 14. Пограничный слой атмосферы. Система уравнений для пограничного слоя атмосферы. Планетарный пограничный слой (ППС) и приземный подслой. Вертикальные профили метеорологических величин. Малопараметрические модели ППС с априорным профилем коэффициента турбулентности.

Пограничный слой атмосферы (определение, основные свойства).

Структура пограничного слоя атмосферы.

Уравнения движения для стационарного и горизонтально однородного пограничного слоя.

Уравнение баланса энергии турбулентности для стационарного и горизонтально однородного пограничного слоя.

Коэффициент турбулентности и диссипация энергии турбулентности как функции характерного размера турбулентных пульсаций и кинетической энергии турбулентности.

Уравнение притока тепла для стационарного и горизонтально однородного пограничного слоя.

Уравнение притока влаги для стационарного и горизонтально однородного пограничного слоя.

Уравнение для определения характерного размера турбулентных пульсаций.

Система уравнений для стационарного и горизонтально однородного пограничного слоя.

Пограничным слоем атмосферы (ПСА) называется нижний 1,5-2-километровый слой, в пределах которого распределение метеорологических величин определяется непосредственным влиянием подстилающей поверхности и турбулентностью.

Наиболее ярко это влияние проявляется в вертикальном распределении скорости ветра. Скорость ветра равна нулю на подстилающей поверхности и стремится к скорости геострофического ветра на верхней границе ПСА (для горизонтально однородных условий и прямолинейных изобар). Характер вертикального распределения скорости ветра между этими двумя уровнями в значительной степени определяется турбулентностью, которая вызывает обмен количеством движения между различными слоями и сглаживает профиль ветра.

Уравнение движения для приземного слоя атмосферы.

Уравнение притока тепла для приземного слоя атмосферы.

Уравнение притока влаги для приземного слоя атмосферы.

Уравнение баланса энергии турбулентности для приземного слоя.

Система уравнений и граничные условия для приземного слоя атмосферы.

Определение коэффициента турбулентности в приземном слое на основе анализа размерностей.

Устойчивость в приземном слое атмосферы.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при безразличной стратификации.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при стратификации, близкой к безразличной.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при свободной конвекции.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при предельно устойчивой стратификации.

Уравнения движения для пограничного слоя .

Определение высоты пограничного слоя атмосферы.

Профиль ветра в пограничном слое атмосферы (спираль Экмана).

Влияние турбулентности и широты на вертикальный профиль ветра .

Угол отклонения ветра от геострофического в пограничном слое атмосферы

Уравнение движения для приземного слоя атмосферы. Уравнение притока тепла для приземного слоя атмосферы.

Уравнение притока влаги для приземного слоя атмосферы. Уравнение баланса энергии турбулентности для приземного слоя. Система уравнений и граничные условия для приземного слоя атмосферы. Определение коэффициента турбулентности в приземном слое на основе анализа размерностей. Устойчивость в приземном слое атмосферы.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при безразличной стратификации. Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при стратификации, близкой к безразличной. Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при свободной конвекции.

Коэффициент турбулентности и вертикальные профили ветра, температуры и влажности в приземном слое атмосферы при предельно устойчивой стратификации.

Вертикальные движения на верхней границе ППС. Влияние бароклинности на ППС. Нелинейная модель ППС.

Влияние турбулентности и широты на верт. профиль ветра.

Тема 15. Тема 15. Крупномасштабные движения в свободной атмосфере. Уравнение движения для свободной атмосферы и их линеаризация.

Особенности динамики свободной атмосферы. Уравнения движения свободной атмосферы в декартовой системе координат.

Уравнения движения свободной атмосферы в цилиндрической системе координат.

Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям.

С высоты 1,5-2 км непосредственное влияние подстилающей поверхности на метеорологический режим оказывается пренебрежимо малым. Атмосферу, расположенную выше этого уровня, называют свободной атмосферой. В данной главе рассматривается задача определения вектора скорости при заданном поле давления. Целесообразность такой постановки обусловлена тем, что измерение давления не связано с существенными трудностями и выполняется с достаточной точностью, в то время как характеристики ветра определяются с большими погрешностями, а вертикальные движения можно определить только расчетным путем. Учитывая сказанное, остановимся на особенностях движения в свободной атмосфере.

Тема 16. Тема 16. Градиентный и геострофический ветер. Особенности динамики экваториальной атмосферы. Термический ветер. Агеострофический ветер.

Градиентный ветер.

Ограничения скорости ветра при чисто круговых изобарах.

Геострофический ветер.

Особенности динамики экваториальной атмосферы.

Определение геострофического ветра по полю геопотенциала.

Термический ветер как приращение вектора геострофического ветра в слое. Термический ветер (зависимость от горизонтального градиента температуры). Изменение ветра с высотой в зависимости от горизонтальных градиентов давления и температуры в слое. Геострофическая адвекция температуры (оценка локальных изменений температуры по изменению направления геострофического ветра с высотой). Геострофическая адвекция температуры (оценка локальных изменений температуры по данным о градиентах давления и температуры).

Отклонение ветра от геострофического.

Влияние агеострофических отклонений на развитие вертикальных движений.

Прежде чем рассмотреть вопрос об изменении геострофического ветра от уровня к уровню, остановимся сначала на причинах изменения с высотой горизонтального поля давления, поскольку геострофический ветер определяется барическим градиентом.

Из уравнения статики следует, что давление в холодной воздушной массе понижается с высотой быстрее, чем в теплой. Поэтому при изменении температуры по горизонтали давление над разными пунктами изменяется с высотой по-разному. Это приводит к перестройке поля давления, а следовательно, и к изменению горизонтального барического градиента с высотой.

Тема 17. Тема 17. Поверхности раздела в атмосфере. Основные свойства поверхностей раздела. Наклон поверхности раздела к горизонту.

Поверхности раздела в атмосфере. Нерегулярности атмосферной структуры.

Поверхности разрыва.

При рассмотрении результатов температурно-ветрового зондирования атмосферы часто обнаруживаются тонкие слои, в которых резко меняется монотонный ход одного или нескольких метеорологических величин.

Такие особенности в структуре атмосферы возникают в следующих случаях:

1. Вдоль поверхности соприкосновения воздушных масс с разными свойствами;
2. Вблизи верхней границы облаков;
3. Вблизи поверхности раздела слоев с различной интенсивностью турбулентного обмена.

Поверхности раздела, на которых терпят разрыв сами функции, называются поверхностями с сильным разрывом. Поверхности, где сами функции непрерывны, а разрыв терпят градиенты, называются поверхностями со слабым разрывом.

Линия пересечения поверхности раздела с горизонтальной плоскостью называется фронтом.

Общие свойства поверхностей раздела. Поверхность разрыва давления.

Динамические и кинематические условия на поверхности раздела.

Наклон поверхности раздела двух воздушных масс (общий случай).

Наклон поверхности раздела двух воздушных масс при геострофических условиях.

Порядок величины тангенса угла наклона поверхности раздела.

Особенности полей давления и ветра в районе фронта.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Гидрометцентр России - - www.meteoinfo.ru

Консультант Плюс (база данных) -

http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home&utm_csourc=online&utm_cmedium=button

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Географический факультет Кафедра метеорологии и климатологии - <http://www.meteo-geofak.narod.ru/index.htm>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>В ходе лекционных занятий по курсу "Динамическая метеорология" обучаемый должен вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения курса особое значение имеют рисунки, схемы и поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, сделанные преподавателем на доске, или указанные в наглядном пособии. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.</p> <p>Приступая к подготовке по теме, необходимо соотнести формулировку темы с определяемой целью, подобрать нужную литературу из списка основных и дополнительных источников, необходимую для занятий. Нужно внимательно прочитать Содержание темы, которое включает основные теоретические понятия, осознание и понимание которых необходимо в ходе занятия уяснить, все ли слова понятны, какие требуют дополнительных разъяснений и комментариев. Если такие имеются, нужно обратиться за разъяснением к преподавателю в начале занятия.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
<p>практические занятия</p>	<p>Прохождение всего цикла практических занятий является обязательным для получения допуска студента к зачету. В случае пропуска занятий пропущенное занятие подлежит отработке. В ходе практических занятий студент под руководством преподавателя выполняет комплекс практических заданий, позволяющих закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять наблюдения, их камеральную обработку, статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня.</p> <p>В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю, при этом, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.</p> <p>Заканчивать подготовку следует составлением плана по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.</p> <p>Теоретическая часть работы выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. При выполнении практической работы необходимо подготовить и обработать исходный материал; следуя рекомендациям по выполнению работы провести необходимые процедуры и расчеты; проанализировать полученные результаты и составить окончательный отчет.</p>
<p>самостоятельная работа</p>	<p>К организации самостоятельной работы, на которую отводится значительное количество часов, особенно по сравнению с аудиторной, нужно подходить с особой ответственностью. Внеаудиторная СРС проводится без непосредственного контроля со стороны преподавателя и, следовательно, требует тщательной подготовки. Организация СРС по дисциплине отражается в учебной программе; конкретные виды работы обозначены в тематическом планировании.</p> <p>Выполнение самостоятельной работы поможет студентам в усвоении программного материала и в успешном проведении контрольных мероприятий.</p> <p>Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.</p> <p>Изучение дисциплины "Динамическая метеорология" предусматривает проведение систематической самостоятельной работы (СРС) студентами, связанной с проработкой конспектов лекций; изучением основных и дополнительных вопросов из перечня рекомендованной основной и дополнительной литературы;</p> <p>завершением выполнения практических заданий начатых в аудитории и анализом полученных результатов;</p> <p>составлением и оформлением отчетов;</p> <p>подготовкой к контрольным работам, зачету или экзамену;</p> <p>проработкой учебных вопросов для самоконтроля.</p> <p>Основной целью организации СРС является систематизация и закрепление знаний, полученных ими на лекциях, развитие навыков самостоятельного поиска нужных литературных источников.</p> <p>При подготовке к СРС в первую очередь, необходимо обратиться к курсу лекций по данному вопросу и основным учебным пособиям, чтобы найти пути для последующей работы, обновить имеющиеся у студента знания.</p> <p>В ходе СРС студенты закрепляют теоретические основы дисциплины, приобретают навыки поиска дополнительной научной информации, овладевают навыками анализа.</p> <p>Самостоятельная работа с учебными пособиями, научной и методической литературой является наиболее эффективным методом получения основных и дополнительных знаний по дисциплине, активизирует процесс овладения научной информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. СРС предполагает также обращение студентов к словарям, справочникам, энциклопедиям и Интернет ресурсам, что также способствует пониманию и закреплению пройденного материала.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Экзамены предусматривают следующую цель: оценить знания студента по предмету, их прочность, развитие творческого мышления. приобретенные навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их на практике и т.п.</p> <p>Курсовые экзамены по всей дисциплине или ее части имеют цель оценить теоретические знания студента, его способность к творческому мышлению, приобретенные им навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их к решению практических задач.</p> <p>Готовиться к экзаменам необходимо в течение всего учебного времени, т.е. с первого дня очередного семестра: вся работа студента на лекциях, практических занятиях, консультациях, а также написание рефератов и выполнение контрольных работ и т.п. - это и есть этапы подготовки студента к зачетам и экзаменам.</p> <p>Подготовка к сессии должна быть нацелена не столько на приобретение новых знаний, сколько на закрепление ранее изученного материала и его повторение. Сумму полученных знаний студенту перед сессией надо разумно обобщить, привести в систему, закрепить в памяти, для чего ему надо использовать учебники, лекции, консультации, курсовые работы, рефераты и т.п., а также методические пособия и различного рода руководства.</p> <p>Повторение необходимо производить по разделам, темам.</p> <p>Экзамен проводится по билетам. Примерный перечень вопросов приводится в рабочей программе.</p> <p>Помимо теоретических вопросов билетов на экзамене может включать в себя практическую ситуацию, которую студент должен будет разрешить при ответе на билет.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 05.03.04 "Гидрометеорология" и профилю подготовки "Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Основная литература:

1. Кислов, А. В. Климатология : учебник / А. В. Кислов, Г. В. Суркова. - 3-е изд., доп. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 324 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - DOI 10.12737/19028. - ISBN 978-5-16-015194-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1922319> (дата обращения: 13.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Пиловец, Г. И. Метеорология и климатология : учебное пособие / Г. И. Пиловец. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2023. - 399 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-006463-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2023162> (дата обращения: 13.11.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Калинин, Н.А. Динамическая метеорология / Н.А. Калинин - Пермь: Издательство Пермского университета, 2009. - 260 с. (Фонд кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы 25 экз.).
2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. - Казань : КФУ, 2017. - 72 с. - ISBN 978-5-00019-804-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 13.11.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Климов, Г. К. Науки о Земле : учебное пособие / Г. К. Климов, А. И. Климова. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 390 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005148-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1842525> (дата обращения: 13.11.2023). - Режим доступа: по подписке.

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.