

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра МЕТЕОРОЛОГИИ, КЛИМАТОЛОГИИ И ОХРАНЫ АТМОСФЕРЫ

Рабочая программа по дисциплине

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АТМОСФЕРУ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Физика

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Физика»


Бобровский А.П.

Утверждаю

Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением

Учебно-методического совета

19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

 2018 г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Абанников В.Н.

Автор-разработчик:


Баранова М.Е.

Составитель:

Баранова М.Е., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы РГГМУ.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» входит в состав цикла «Общие математические и естественно-научные дисциплины» и является специальной дисциплиной, изучаемой по направлению подготовки – Физика.

Целью дисциплины является получение студентами комплекса научных знаний, позволяющих им понимать закономерности переноса, рассеяния и трансформации антропогенных загрязнений в атмосфере. Рассматриваются такие основные разделы как: классификация источников антропогенных выбросов, типизация процессов переноса и рассеяния примесей в атмосфере, классификация математических моделей переноса и рассеяния примесей в атмосферы, основные факторы влияния атмосферных загрязнителей на здоровье населения, методы расчета характеристик атмосферы, определяющих перенос и рассеяние примесей на основе стандартной гидрометеорологической информации.

Главная задача дисциплины - изучение физических процессов и факторов, определяющих загрязнение атмосферы антропогенными выбросами на основе физико-математических методов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина «Математическое моделирование переноса загрязнений в атмосфере» для направления подготовки 03.03.02 – «Физика» - относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока дисциплин.

Дисциплина включает в себя изучение основных закономерностей процессов переноса и рассеяния примесей в атмосфере. Основные изучаемый разделы со знанием следующих дисциплин:

- «Физика атмосферы и гидросферы» - для понимания процессов переноса и рассеяния примесей в атмосфере;
- «Экология» - для понимания процессов накопления, трансформации и воздействия антропогенных примесей на живую природу;

- «Теория вероятностей и математическая статистика» - для понимания процедур статистической обработки результатов измерений;
- «Основы метеорологии и климатологии» - для понимания крупномасштабных процессов в атмосфере, определяющих перенос антропогенных загрязнений;
- «Статистическая гидромеханика» - для понимания природы атмосферной турбулентности;

Таким образом, «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» является комплексной дисциплиной и обучающиеся должны для ее освоения иметь знания как по отдельным разделам фундаментальных дисциплин («Математика», «Общая Физика», «Химия», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Экология»), так и знать прикладные дисциплины по специальности, такие как: «Физика атмосферы и гидросферы», «Основы метеорологии и климатологии», «Статистическая гидромеханика».

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.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисципли-

НЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)
ОПК-2	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

В результате изучения дисциплины *«Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу»* студент должен

знать:

- классификацию источников антропогенных выбросов;
- типизацию процессов переноса и рассеяния примесей в атмосфере;
- основные математические модели переноса и рассеяния примесей в атмосфере;

- основные факторы влияния атмосферных загрязнителей на здоровье населения;
- методы расчета характеристик атмосферы, определяющих перенос и рассеяние примесей, на основе стандартной гидрометеорологической информации.

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» студент должен понимать основные закономерности переноса, рассеяния и трансформации антропогенных загрязнений в атмосфере.

Студент должен

уметь выполнять:

- основные виды статистической обработки данных наблюдений на постах мониторинга загрязнения атмосферы;
- расчеты характеристик загрязнения атмосферы с использованием математических моделей.

**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам
обучения и критериям их оценивания**

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
	не владеет никакими навыками	Имеет слабое представление о методах расчета распространения загрязнений, не владеет терминологией	Способен выделять основные виды антропогенных воздействий, однако не может давать обоснование при выборе модели для расчетов. Не уверенно владеет методами расчета переноса загрязнений	Владеет полученными при обучении методами расчета распространения загрязнений, однако не способен выполнить анализ результатов расчетов	Способен формулировать задачу в зависимости от вида источника загрязнений, владеет отдельными методами расчета переноса загрязнений
минимальный	не умеет ничего	Не умеет применять знание физических законов для построения математических моделей	Способен сформулировать основные принципы построения математических моделей переноса загрязнений в атмосфере	Способен сформулировать основные принципы построения математических моделей переноса загрязнений в атмосфере	Умеет выполнять сокращение параметров модели. Способен выполнить анализ результатов расчетов.
	не знает ничего	Допускает грубые ошибки при формулировании уравнений математической модели	Знает основные физические законы, на основе которых записываются уравнения для расчета распространения	Знает основные принципы построения математических моделей распространения загрязнений, но не способен приме-	Знает основные принципы построения математических моделей распространения загрязнений и спо-

			загрязнений, однако не уверено применяет их.	нить знания	способен применить знания для конкретного случая
базовый	Не владеет	Имеет представление о методах расчета распространения загрязнений, но слабо владеет полученными ранее навыками аналитического и численного решения математических уравнений.	Не уверено владеет методами расчета переноса загрязнений. Не способен давать обоснование при выборе модели для расчетов.	Владеет полученными при обучении методами расчета распространения загрязнений, однако не способен выполнить анализ результатов расчетов.	Способен формулировать задачу в зависимости от вида источника загрязнений, уверено владеет методами расчета переноса загрязнений и анализирует результаты
	Не умеет	Допускает небольшие ошибки при формулировании уравнений математической модели	Использует методы расчета загрязнений, однако не способен выполнить анализ результатов, способен записать основные уравнения, используемые для расчета переноса загрязнений, но слабо понимает их физический смысл.	Умеет выполнить выбор метода расчета загрязнений в зависимости от постановки задачи. Способен записать основные уравнения и пояснить каждый член уравнения. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.	Умеет применять методы расчета загрязнений. Способен записать основные уравнения и пояснить каждый член уравнения. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.
		Знает отдельные виды антропогенных воздействий на водные экосистемы; допускает	Не уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздей-	Уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздействий на	Уверено знает наиболее распространенные виды антропогенных воздей-

	Не знает	ошибки при формулировании основных принципов построения математических моделей водных экосистем в условиях антропогенных воздействий.	ствий на водные экосистемы; не способен точно сформулировать основные принципы построения математических моделей.	водные экосистемы; способен сформулировать основные принципы построения математических моделей;	ствий на атмосферу; способен применять системный анализ для формулирования принципов построения.
продвину- тый	Не владеет	Имеет представление о методах расчета распространения загрязнений, понимает назначение различных методов, но слабо неуверенно владеет полученными при обучении навыками самостоятельного решения задач.	Владеет полученными в процессе обучения знаниями о методах расчета распространения загрязнений, способен выполнить анализ полученных результатов, но с консультацией преподавателя.	Владеет способностью применять на практике методы расчета распространения загрязнений.. Способен самостоятельно и грамотно анализировать полученные при выполнении расчетов результаты.	Свободно владеет методами расчета распространения загрязнений, владеет численными методами для расчетов, обладает навыками программирования,
	Не умеет	Не допускает ошибок при формулировании уравнений математической модели, но затрудняется в понимании физического смысла отдельных членов уравнения. Умеет применять методы расчета, но при консультациях	Способен записать основные уравнения, используемые для расчета переноса загрязнений, понимает их физический смысл. Умеет на основе полученных результатов выполнить анализ изучаемых про-	Умеет сформировать самостоятельно уравнения применительно к физическому объекту, может записать краевые условия и выбрать метод расчета. Умеет применять методы расчета для решения конкретных задач и	Свободно умеет формулировать постановку задачи и записывать уравнения модели применительно к физическому объекту, записать краевые условия и выбрать метод расчета. Умеет приме-

		циях с преподавателем.	цессов и явлений. Умеет подготовить отчет о проделанной работе без значительных замечаний.	анализировать результаты самостоятельно.	нять методы расчета для решения конкретных задач и анализировать результаты самостоятельно, привлекать для анализа дополнительную литературу и информационные источники.
	Не знает	Не уверено знает виды антропогенных воздействий и последствия загрязнения водной среды. Знает основы построения моделей, но не уверенно дает описание взаимодействий различных факторов внутри системы.	Знает теоретические подходы к построению математических моделей. Понимает принципы выделения областей моделирования и может применять элементы системного анализа для выделения области моделирования. Знает как применить метод расчета распространения загрязнений для конкретного случая, но с консультацией у преподавателя.	Уверено знает теоретические подходы к построению математических моделей экосистем. Понимает принципы выделения областей моделирования и может применять элементы системного анализа для выделения области моделирования. Знает как грамотно применить метод расчета распространения для конкретного объекта без консультации у пре-	Уверено знает теоретические подходы к построению математических и способен предложить альтернативные подходы. Свободно знает как применить нужный метод расчета для различных систем. Может подготовить статью по результатам расчетов переноса загрязнений.

				подавателя.	
--	--	--	--	-------------	--

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 8
Общая трудоемкость дисциплины (с учетом экзаменов)	108	108
Аудиторные занятия	36	36
Лекции	12	12
Лабораторные работы	0	0
Практические занятия	24	24
Самостоятельная работа	72	72
Вид итогового контроля – зачет		

4.1. Структура дисциплины

№ 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	Семинар	Практич.	Самост. работа	работа			
1	Основные антропогенные загрязнения в атмосфере и их влияние на челове-	8	2	4	10			Дискуссия по вопросам семинара. Сообщения и доклады.	2	ОПК-1, ПК-1, ОПК-2

№ 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	Семинар	Практич.	Самост. работа			
	ка.								
2	Физика процессов переноса, рассеяния и трансформации примесей в атмосфере.	8	2	8	22	Дискуссия по вопросам семинара. Сообщения и доклады.	8	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2	
3	Мониторинг загрязнения атмосферы и статистическая обработка результатов.	8	2	4	20	Сообщения и доклады.	6	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2	
	Математическое моделирование загрязнения атмосферы.		6	8	20	Сообщения и доклады, зачет.	6		
	ИТОГО		12	24	72		24		

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Основные антропогенные загрязнения в атмосфере и их влияние на человека

Антропогенные выбросы в атмосферу как способ утилизации отходов промышленных предприятий, транспорта и объектов энергетики. Локальное и глобальное загрязнение атмосферы. Парниковые газы и их влияние на климат Земли.

Основные антропогенные загрязнения в атмосфере: химические газообразные, аэрозольные и радиоактивные. Понятие Предельно-Допустимой Концентрации (ПДК) с различным временем воздействия: максимально-разовые (ПДС м.р.), среднесуточные (ПДК с.с.) и среднегодовые (ПДК с.г.). Понятие Ориентировочного Безопасного Уровня Воздействия (ОБУВ).

Источники и характер влияния на живую природу радиоактивного загрязнения.

Понятие точечного, линейного, площадного и объемного источников антропогенных выбросов в атмосферу. Геометрические (высота, координаты) и физические (температуры и скорость выброса) параметры источника. Понятие интенсивности выброса от источников различных типов. Холодные и горячие источники выбросов.

Особенности загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта.

4.2.2. Физика процессов переноса, рассеяния и трансформации примесей в атмосфере

Классификация процессов, происходящих с антропогенной примесью в атмосфере. Понятие переноса и турбулентного рассеяния примеси исходя из представлений об общем энергетическом спектре в атмосфере.

Эйлеров и лагранжевы подходы к описанию переноса и рассеяния примесей в атмосфере.

Динамический и термический факторы формирования атмосферной турбулентности. Характеристики устойчивости атмосферы. Классификация состояний атмосферы по условиям рассеяния примесей.

Лагранжево описание турбулентной диффузии примесей. Уравнение для тензора относительного смещения частиц и его решение для предельных случаев. Понятие лагранжева временного масштаба атмосферной турбулентности и его влияние на характер рассеяния примесей в атмосфере.

Общее представление о трансформации примеси в атмосфере. Эффекты влажного и сухого осаждения. Химическая трансформация примесей на примере оксидов азота.

4.2.3. Мониторинг загрязнения атмосферы и статистическая обработка результатов

Общая организация системы мониторинга загрязнения атмосферы в Российской Федерации. Общегосударственная и территориальные системы мониторинга. Автоматические газоаналитические системы мониторинга. Стационарные и подвижные системы мониторинга.

Общие требования к периодичности проведения измерений на постах мониторинга. Понятие средней концентрации примеси.

Методы статистической обработки данных мониторинга. Статистические характеристики загрязнения атмосферы (средние, дисперсии, гистограммы, плотности и функции распределения) и методы их расчета на основе рядов наблюдений. Исследование временной изменчивости характеристик загрязнения. Суточный ход загрязнения атмосферы.

4.2.4. Математическое моделирование загрязнения атмосферы

Общая классификация методов моделирования загрязнения атмосферы. Полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии примеси от источников произвольной конфигурации, его вывод и анализ. Аналитические решения полуэмпирического уравнения для мгновенного выброса от точечного источника, для постоянных выбросов от наземного площадного и приподнятого точечного источников в условиях однородной и стационарной турбулентности.

Гауссова модель турбулентной диффузии примеси от приподнятого точечного источника Пэскуилла-Гиффорда-Бриггса. Ее соответствие решению полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии от аналогичного источника.

Особенности моделирования турбулентной диффузии от перегретого источника выбросов. Понятие опасной скорости ветра.

Одномерные, двумерные и трехмерные численные модели переноса и рассеяния примесей в атмосфере на основе использования полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии. Лагранжевы стохастические модели турбулентной диффузии.

Методы расчета характеристик устойчивости на основе градиентных наблюдений и стандартной гидрометеорологической информации.

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица 3.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Формируемые компетенции
1	1	Базы данных и справочники предельно-допустимых концентраций антропогенных загрязнений.	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
2	2	Организация баз данных источников загрязнения атмосферы.	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
3	3	Статистическая обработка рядов автоматических газоаналитических измерений.	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2
4	4	Математическое моделирование загрязнения атмосферы с использованием различных моделей.	ОПК-1, ПК-1, ПК-2, ОПК-2

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Ф. Рамад Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу. Перевод с фр. под ред. Л.Т.Матвеева. Л.: Гидрометеоздат, 1981 – 543 с.
2. А.С. Монин, А.М. Яглом Статистическая гидромеханика, т.1., СПб.: Гидрометеоздат, 1992 – 693с.
3. Г.И. Марчук Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982 – 319с.
4. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей. Под ред. Ф.Т.М. Ньистадта и Х. Ван Допа . Перевод с англ. под ред. А.М. Яглома. Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 350с.
5. Гаврилов А.С., Воронов Г.И., Савватеева Л.А. Экологический программный комплекс «Z/Study» № ОФАП : 3024 № инф. Библ. Фонда РФ : 50200301043

Дополнительная литература:

1. Н.Л. Бызова, Е.К. Гаргер, В.Н. Иванов Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л. Гидрометеоздат, 1991 – 273 с.
2. Э.Ю. Безуглая Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеоздат, 1986 – 199с.
3. Н.В. Кобышева. Г.Я.Наровлинский Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1978 – 295 с.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

а) все разделы лекционного курса представлены в электронном виде для компьютерной демонстрации;

б) лабораторные и практические занятия проводятся с использованием современных технологий на базе персональных компьютеров.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Архивы многолетних рядов измерений концентрации примесей на постах мониторинга загрязнения атмосферы.

2. Компьютерный класс РГГМУ.

3. Программное средство «Экологический программный комплекс «Z/Study». № ОФАП : 3024 № инф. Библ. Фонда РФ : 50200301043

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

- традиционные лекции;
- лекции с использованием презентаций;
- интерактивные групповые практические занятия;
- семинарские занятия с дискуссиями по теме доклада;
- компьютерная игра;
- моделирующая программная система "Монте-Карло"
- учебные материалы в информационной среде платформы SAKAI.