

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**
КАФЕДРА МЕТЕОРОЛОГИИ, КЛИМАТОЛОГИИ И ОХРАНЫ АТМОСФЕРЫ

Рабочая программа дисциплины
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АТМОСФЕРУ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению
подготовки

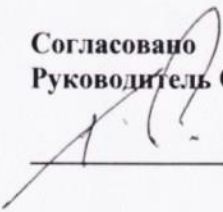
03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):
Физические исследования природных процессов

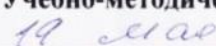
Квалификация:
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

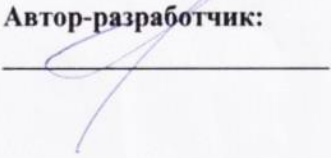

Бобровский А.П.

Председатель УМС
 И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
 2021 г., протокол № 

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры
12 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Сероухова О.С.

Автор-разработчик:
 Мханна А.И.Н.

Санкт-Петербург 2021

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на ____/____
учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры _____ от __.__.20__ №__

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на
_____/____ учебный год с изменениями (см. лист изменений)**

Протокол заседания кафедры _____ от __.__.20__ №__

*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены
изменения

** Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены
изменения

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» – подготовка Бакалавров по направлению 03.03.02 – «Физика», 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.

Основные задачи дисциплины «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» связаны с освоением студентами:

- изучение физических процессов и факторов, определяющих загрязнение атмосферы антропогенными выбросами на основе физико-математических методов.
- освоение прогноза загрязнения атмосферы на основе физико-математических методов.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» для направления подготовки 03.03.02 – «Физика» - относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока дисциплин.

Дисциплина «Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу» изучается на 8 семестре для очной форма обучения.

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».

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-1.1; ПК-1.2

Профессиональные компетенции (для ФГОС 3++)

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-1.	ПК-1.1 Анализирует физическую сущность процессов, происходящих в экосфере Земли, и применяет физические законы к решению задач в области гидрометеорологии, экологии. ПК-1.2 Использует специальные знания математики при решении физических задач гидрометеорологии и экологии, производит оценочные расчеты, строит математические модели процессов и понимает границы их применимости.	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. Уметь: – основные виды статистической обработки данных наблюдений на постах мониторинга загрязнения атмосферы; – расчеты характеристик загрязнения атмосферы с использованием математических моделей.

		Владеть: – методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений для расчёта параметры загрязнения атмосферы; – знаниями, достаточными для понимания природы основных физических процессов, протекающих в атмосфере, и ее тесном взаимодействии с земной поверхностью и околоземным космическим пространством. – методикой расчета основные параметры загрязнение атмосферного воздуха от антропогенных источников.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

Таблица 3.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2021 г. набора
Объем дисциплины	108 часов
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	56
в том числе:	-
лекции	28
занятия семинарского типа:	

практические занятия	-
лабораторные занятия	28
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	52
в том числе:	-
курсовая работа	
контрольная работа	
Вид промежуточной аттестации	Зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 4.

Структура дисциплины для очной формы обучения
Очно форма обучения
 2021 г. набора

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	лабораторные занятия	СРС			
1	Основные антропогенные загрязнения в атмосфере и их влияние на человека.	8	6	6	12	Тесты. задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
2	Физика процессов переноса, рассеяния и трансформации примесей в атмосфере	8	6	7	12	Тесты. задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
3	Мониторинг загрязнения атмосферы и статистическая обработка результатов.	8	8	7	12	Тесты. задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
4	Математическое моделирование загрязнения атмосферы.	8	8	8	16	Тесты. задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
ИТОГО		-	28	28	52	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины

4.3.1 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 (ПДС с.с.) и среднегодовые (ПДС 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

4.3.2 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.

4.3.3 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.

4.3.4. 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.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Базы данных и справочники предельно-допустимых концентраций антропогенных загрязнений.	6	
2	Организация баз данных источников загрязнения атмосферы.	7	
3	Статистическая обработка рядов автоматических газоаналитических измерений.	7	
4	Математическое моделирование загрязнения атмосферы с использованием различных моделей.	8	

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, базовый учебник и презентации лекций.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 65;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 15;
- максимальное количество дополнительных баллов - 10.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине Математическое моделирование антропогенных воздействий на атмосферу – **зачет**.

Форма проведения **зачета**: устно опроса по билетам, письменно по билетам, устного тестирования или тестирования в среде Moodle.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

ПК-1.1

1. Классификация источников загрязнения атмосферы.
2. Единицы измерения загрязнения атмосферы.
3. Турбулентная диффузия примесей.
4. Эйлеров и лагранжевы способы описания кинематики атмосферы.
5. Основные направления решения проблемы распространения примесей.
6. Стандартные методики расчета распространения примесей.
7. Нормальное распределение случайной величины.
8. Гауссова модель рассеяния примеси от мгновенного точечного источника для неподвижной атмосферы.
9. Гауссова модель рассеяния примеси от мгновенного точечного источника при наличии постоянного ветра.
10. Гауссова модель рассеяния примеси от непрерывного точечного источника для однородного и изотропного поля.

ПК-1.2

11. Гауссова модель рассеяния примеси от непрерывного точечного источника для не изотропного потока.
12. Статистическая теория Тейлора. Основные положения.
13. Статистическая теория Тейлора для малых промежутков времени.
14. Статистическая теория Тейлора для больших промежутков времени.
15. Усовершенствованная Гауссова модель факела.
16. Эффективная высота источника.
17. Параметр шероховатости.
18. Классификация устойчивости атмосферы Пэскуилла-Гиффорда.
19. Эргодическая гипотеза.
20. Полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии.

Перечень лабораторных заданий к зачету:

ПК-1.1

1. Статистическая обработка результатов измерения концентрации загрязняющих веществ по наблюдениям на автоматизированных постах системы городского мониторинга.

ПК-1.2

2. Расчет приземных значений концентрации.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 6.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-10
Лабораторные задания	0-20
Собеседование	0-15
Коллоквиум	0-15

Доклад, сообщение.	0-15
дополнительные баллы	0-10
Промежуточная аттестация	0-15
ИТОГО	0-100

Таблица 7.

Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Участие в НИРС*	0-2
Участие в Олимпиаде*	0-2
Активность на учебных занятиях*	0-2
Публикации статьи	0-2
Участие в конференциях	0-2
ИТОГО	0-10

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	Баллы
Зачтено	40-100
Незачтено	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Название дисциплины».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. А.С. Монин, А.М. Яглом Статистическая гидромеханика, т.1., СПб.: Гидрометеиздат, 1992 – 693с.
2. Г.И. Марчук Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982 – 319с.
3. 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.: Гидрометеиздат, 1985. – 350с.
4. Белихов А.Б., Леготин Д.Л., Сухов А.К. Современные компьютерные модели распространения загрязняющих веществ в атмосфере. Вестник КГУ им. Некрасова, №1 – 2013.
5. Чернявский С.А. Математическая модель процесса распространения в атмосфере газовых загрязнителей при различных погодных условиях «Технические науки от теории к практике»: материалы XX международной заочной научно-практической конференции (17 апреля 2013 г.).

6. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы [монография], Ленинград Гидрометеиздат, 1 января 1985 г. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090588.pdf

7. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2011 г. 1 января 2012 г. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-55301.pdf

Дополнительная литература

1. Н.Л. Бызова, Е.К. Гаргер, В.Н. Иванов Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л. Гидрометеиздат, 1991 – 273 с.

2. Э.Ю. Безуглая Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеиздат, 1986 – 199с.

3. Н.В. Кобышева. Г.Я.Наровлинский Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978 – 295 с.

4.Ф. Рамад Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу. Перевод с фр. под ред. Л.Т.Матвеева. Л.: Гидрометеиздат, 1981 – 543 с.

5.Гаврилов А.С., Воронов Г.И., Савватеева Л.А. Экологический программный комплекс «Z/Study» № ОФАП : 3024 № инф. Библ. Фонда РФ : 50200301043.

6. Романова Е. Н., Мосолова Г. Н., Береснева И. А. Микроклиматология и ее значение для сельского хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.

7. Шульгин А. М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Электронный ресурс – Официальный сайт Всемирной метеорологической организации – URL: http://www.wmo.int/pages/index_ru.html

2. Электронный ресурс – Сайт Главной геофизической обсерватории – URL: <http://voeikovmgo.ru>

3. Электронный ресурс – Сайт Центральной аэрологической обсерватории – URL: <http://www.cao-rhms.ru>

4. Электронный ресурс – Центральная аэрологическая обсерватория, данные ракетного зондирования атмосферы – URL: <http://www.aerology.org/ru/rocket-measurements/blog>

5. Электронный ресурс – Гидрометцентр России фактические данные – URL: <http://www.meteoinfo.ru/pogoda>

6. Электронный ресурс – МЕТЕОКЛУБ: независимое сообщество любителей метеорологии (Европа и Азия) – URL: <http://meteoclub.ru/>.

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Windows

2. Microsoft Excel

3. PowerPoint

4. Microsoft Word

5. ABBYY FineReader

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. СПС Консультант Плюс;

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

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

4. Сервер дистанционного обучения РГГМУ MOODL <http://moodle.rshu.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийной техникой, обеспечивающей тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий лабораторного типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная меловой доской и компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, служащей для представления учебной информации.
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.
6. **Учебная лаборатория метеорологической информационно-измерительной техники (МИИТ)** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная комплектом измерительной аппаратуры и метеорологическими приборами.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий/ При реализации дисциплины электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры _МКОА_ от 29.06.2022 № 10