Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 Прикладная гидрометеорология
Направленность (профиль)
Прикладная метеорология
Уровень:
Магистратура
Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
_____ **Смышляев С.П.**

Председатель УМС
_____ **И.И. Палкин**

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
19 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
11 мая 2021 г., протокол № 9
Зав. кафедрой _____ **Кузнецов А. Д.**

Авторы-разработчики:
_____ **Кузнецов А. Д.**

Санкт-Петербург 2021

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель подготовка магистров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для изучения теоретических основ современных методов дистанционного зондирования атмосферы, методов проведения дистанционных измерений и используемой для этих целей аппаратуры, методик планирования дистанционных измерений и обработки результатов наблюдений.

Задачи:

- изучение теории взаимодействия электромагнитного излучения с веществом;
- освоение математических основ решения обратных задач атмосферной оптики;
- формирование знаний о физических основах измерения собственного электромагнитного излучения системы подстилающая поверхность - атмосфера.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Дистанционные методы зондирования атмосферы» для направления подготовки 05.04.05 − Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная метеорология» относиться к обязательным дисциплинам части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается в четвертом семестре.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии».

Знания, полученные в ходе изучения данной дисциплины, могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы магистра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-1

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**	**Результаты обучения**
ПК-1 Способен разрабатывать стратегии получения и применения современных методов, средств и передовых технологий получения гидрометеорологической информации	ПК-1.1. Разрабатывает новые и корректирует существующие методы и средства получения гидрометеорологической информации, организовывает эксперименты и испытания. ПК-1.2. Получает и обрабатывает массивы данных с применением современных методов, средств и передовых технологий получения гидрометеорологической информации.	*Знать:* - физические основы измерения собственного электромагнитного излучения системы подстилающая поверхность - атмосфера; - математические аспекты решения обратных задач атмосферной оптики; - аппаратурные средства дистанционного зондирования окружающей среды; - методы дистанционного зондирования атмосферы; - избранную предметную область исследований; - современное состояние и мировой уровень исследований в выбранной области гидрометеорологии; - научные монографии, обзоры литературы, базы данных сети Интернет, основные статьи в главных международных журналах и в отечественной научной периодике по теме исследования; - требования, предъявляемые к оформлению выпускной

		квалификационной работы и ее автореферата, подготовленных по результатам выполненных исследований; *Уметь:* - анализировать данные дистанционного зондирования окружающей среды; - осуществлять численные эксперименты с использованием специализированных программ; - найти в Интернете и импортировать требуемую гидрометеорологическую информацию; -выполнять комплексную научно-исследовательскую работу по дистанционному зондированию окружающей среды; - выполнять комплексную научно-исследовательскую работу; - сформулировать тему планируемого исследования и обосновать ее актуальность; - грамотно оформлять полученные результаты проведенных исследований; *Владеть:* - методами интерпретации данных, полученных в ходе дистанционного зондирования окружающей среды, - методами анализа временных рядов, получаемых в ходе дистанционного зондирования окружающей среды, - навыками самостоятельной работы со специализированной литературой, наставлениями и руководящими документами; -навыками работы с электронными базами данных; -знаниями, касающимися объекта научных исследований; - методами поиска необходимой гидрометеорологической и библиографической информации в сети Интернет.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах
2021 год набора

Объём дисциплины	**Всего часов**	
	Очная форма обучения	**Заочная форма обучения**
Объем дисциплины	**108**	

Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	**42**	**12**
в том числе:	**-**	**-**
лекции	**14**	**6**
занятия семинарского типа:		
практические занятия	**28**	**6**
Самостоятельная работа (далее – СРС) – **всего:**	**66**	**96**
Вид промежуточной аттестации	**зачет**	**зачет**

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения
2021 год 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	Практические занятия	СРС			
1	Теория переноса электромагнитного излучения	4	2	4	10	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
2	Формы уравнения переноса ИК-излучения	4	2	4	10	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
3	Прямая и обратная задачи атмосферной оптики	4	2	4	10	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1
4	Взаимодействие молекул атмосферных газов и радиации	4	2	4	10	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
5	Математические аспекты	4	2	4	10	Прием и проверка отчета	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2

	решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды					по практической работе Собеседование		
6	Методы решения уравнения переноса в ИК-области спектра	4	2	4	10	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
7	Термическое зондирование атмосферы из космоса	4	2	4	6	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
	ИТОГО	**-**	**14**	**28**	**66**	**-**	**-**	**-**

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения
2021 год набора

№	**Раздел / тема дисциплины**	**Курс**	**Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.**			**Формы текущего контроля успеваемости**	**Формируемые компетенции**	**Индикаторы достижения компетенций**
			Лекции	**Практические занятия**	**СРС**			
1	Теория переноса электромагнитного излучения	2	2	0	10	Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
2	Формы уравнения переноса ИК-излучения	2	0	0	10	Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
3	Прямая и обратная задачи атмосферной оптики	2	0	0	15	Собеседование	ПК-1	ПК-1.1

4	Взаимодействие молекул атмосферных газов и радиации	2	0	2	15	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
5	Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды	2	2	2	15	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
6	Методы решения уравнения переноса в ИК-области спектра	2	2	2	15	Прием и проверка отчета по практической работе Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
7	Термическое зондирование атмосферы из космоса	2	0	0	16	Собеседование	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
	ИТОГО	**-**	**6**	**6**	**96**	**-**	**-**	**-**

4.3. Содержание *разделов/тем* дисциплины

4.2.1 Теория переноса электромагнитного излучения

Основные сведения из теории формирования собственного теплового излучения. Количественные характеристики. Абсолютно черное тело. Функция Планка, законы Вина и Стефана-Больцмана. Основные сведения из теории переноса излучения. Физические основы взаимодействия излучения с веществом и количественные характеристики, используемые для описания такого взаимодействия. Вывод уравнения переноса излучения в общем случае.

4.2.2. Формы уравнения переноса ИК-излучения

Интегро-дифференциальное уравнение переноса излучения для системы подстилающая поверхность-атмосфера.. Характеристика различных диапазонов спектра с точки зрения решения задач дистанционного зондирования атмосферы. Математические аспекты решения задач переноса излучения в атмосфере. Формы уравнения переноса излучения в ИК-области при отсутствии рассеяния в безоблачной атмосфере. Формы уравнения переноса излучения в ИК-области при наличии облачности. Методика расчета интенсивности уходящего ИК-излучения в безоблачной и облачной атмосфере.

4.2.3. Прямая и обратная задачи атмосферной оптики

Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Сечения взаимодействия: сечение поглощения, сечение рассеяния, сечение направленного

рассеяния. Индикатриса рассеяния. Характерные масштабы в теории рассеяния. Приближение малых частиц. Рэлеевское рассеяние.

4.2.4. Взаимодействие молекул атмосферных газов и радиации.

Общая характеристика молекулярного поглощения света в атмосфере. Спектры поглощения атмосферных газов. Спектральные линии и параметры их тонкой структуры. Контур спектральной линии. Уширение спектральной линии, крылья спектральной линии. Функция пропускания в атмосфере. Расчет функции пропускания.

4.2.5. Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды

Понятие корректно поставленных и некорректно поставленных задач. Система линейных алгебраических уравнений и их обусловленность. Определение устойчивости решения системы линейных алгебраических уравнений. Методы решения некорректных задач атмосферной оптики: проекционные, регуляризации, статистические оценки. Метод Монте-Карло для решения задачи переноса излучения в атмосфере с учетом рассеяния.

4.2.6. Методы решения уравнения переноса в ИК области спектра.

Реализация решения обратной задачи для дистанционного зондирования температуры подстилающей поверхности. Реализация решения обратной задачи для дистанционного зондирования высотного профиля температуры, метод статистической регуляризации и метод максимальной гладкости. Реализация проекционного метода решения задачи термического зондирования с использованием собственных векторов корреляционной матрицы температуры (проекционный метод).

4.2.7. Термическое зондирование атмосферы из космоса

Характеристика различных диапазонов спектра и их связь с решением задач дистанционного зондирования окружающей среды. Чувствительности собственного теплового излучения системы подстилающая поверхность - атмосфера к вариациям различных атмосферных величин, ее связь с решением обратных задач дистанционного мониторинга состояния окружающей среды.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов
1	Исследование свойств абсолютно черного тела излучения реальных тел	4
2, 3	Решение прямой задачи переноса ИК-излучения в системе подстилающая поверхность-атмосфера	4
4, 5	Использование параметров тонкой структуры линий поглощения атмосферных газов для расчета коэффициента поглощения	4
6, 7	Исследование влияния погрешности в задании исходных данных на точности дистанционного восстановления температуры подстилающей поверхности	6

7	Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием метода регуляризации и метода максимальной гладкости	6

Таблица 6.

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов
4, 5	Использование параметров тонкой структуры линий поглощения атмосферных газов для расчета коэффициента поглощения	4
6, 7	Исследование влияния погрешности в задании исходных данных на точности дистанционного восстановления температуры подстилающей поверхности	2

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, рекомендуемую литературу и презентации лекций.

В течение семестра студенты выполняют практические работы, используя презентации практических занятий, которые содержат теоретические сведения, порядок выполнения работы и оформления отчета.

Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент может приходить на консультации с преподавателем, и использовать возможности удаленного доступа (Интернет).

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

6.1. Текущий контроль

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

Текущий контроль по дисциплине включает

- Прием и проверка отчета по практической работе
- Собеседование

а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

Пример вопросов для собеседования

Раздел 1 Теория переноса электромагнитного излучения

Чем обусловлено наличие собственного теплового излучения.

Фундаментальное соотношение теории собственного теплового излучения.

Виды излучателей, характеризующие эффективность излучения тепловых источников.

Раздел 2 Формы уравнения переноса ИК-излучения

Важнейшая характеристика отражения солнечного излучения от подстилающей поверхности, ее физический смысл.

Отличие форм уравнения переноса излучения в ИК-области при отсутствии рассеяния в безоблачной атмосфере при наличии облачности.

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов и докладов по данной дисциплине не предусмотрено.

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

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

Контроль по результатам 4-го учебного семестра для очной формы обучения – зачет. Зачет проводится в устной форме.

Контроль по результатам 2-го курса для заочной формы обучения – зачет. Зачет проводится в устной форме.

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы для 4 семестра очной формы обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	**Баллы**
Посещение лекционных занятий	7
Собеседование по темам дисциплины (7 тем по 2 балла)	14
Выполнение практических работ (5 работ по 6 баллов)	35
Итоговая аттестация	49
ИТОГО	**100**

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет.**

Форма проведения **зачет**: устно по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

ПК-1

1. Оптические характеристики, используемые для количественного описания собственного теплового излучения.
2. Механизм формирования собственного теплового излучения.
3. Абсолютно черное тело и функция Планка.
4. Законы Вина и Стефана-Больцмана.
5. Спектральные линии и параметры тонкой структуры спектральных линий.
6. Контур спектральной линии и механизмы их уширения.
7. Спектры поглощения атмосферных газов.
8. Функция пропускания атмосферы и методы ее расчета.
9. Уравнение переноса излучения.
10. Формулировка прямой и обратной задачи атмосферной оптики.

11. Характеристика различных диапазонов спектра и их связь с решением задач дистанционного зондирования окружающей среды.
12. Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования.
13. Методы регуляризации решения.
14. Анализ ядер интегральных уравнений.
15. Особенности измерения высотных профилей метеорологических величин при дистанционном зондировании.
16. Классификация аппаратурных средств, используемых для дистанционного зондирования окружающей среды.

Таблица 9.

Бальная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	**Баллы**
зачтено	61-100
незачтено	0-60

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 рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. Васильев А.В., Кузнецов А.Д., Мельникова И.Н. Дистанционное зондирование окружающей среды из космоса. // Изд. Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2008.- 133 с

2. Владимиров, В.М. Дистанционное зондирование Земли[Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.] ; ред. В. М. Владимиров. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 196 с. http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506009

б) дополнительная литература:

1. Кузнецов А.Д., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Дистанционное зондирование атмосферы тропической зоны. - Л., изд. ЛГМН, 1988, с. 90. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213181941.pdf

2. Ку-Нан Лиоу. Основы радиационных процессов в атмосфере. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 376 с.

3. Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Практикум по учебным дисциплинам «Дистанционное зондирование атмосферы» и «Теория переноса излучения в жидкостях и газах». Санкт- Петербург. Изд-во Российского Гидрометеорологического государственного университета. 2000. 125 с.

в) рекомендуемые интернет-ресурсы.

1. Электронный ресурс: Теория переноса излучения. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/3906/ПЕРЕНОСА

2. Электронный ресурс: Физическая энциклопедия – Режим доступа: http://femto.com.ua/articles/part_2/2802.html
3. Электронный ресурс: Теория рассеяния –
   Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Рассеяние_света_сферической_частицей
   Режим доступа: http://meteorologist.ru/teoriya-mi.html
   Режим доступа: http://vzgljadnamir.narod.ru/biblioteka/Zvereva/VMSS09.htm
   Режим доступа: http://pandia.ru/text/78/536/48690.php

г) программное обеспечение

windows 7 47049971 18.06.2010
office 2013 62398416 11.09.2013
(12 шт)
windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012

д) профессиональные базы данных

база данных Web of Science
база данных Scopus
электронно-библиотечная система elibrary

е) информационные справочные системы:

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: http://elib.rshu.ru
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: http://znanium.com

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими 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.

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.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений.
Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы от 05.06.2023 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 29.05.2024 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 28.05.2025 № 10