Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

Акустические волны в атмосфере

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная метеорология

Уровень:
Магистр

Форма обучения
Очная/Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»

_____**Смышляев С.П.**

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

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

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры
04 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой _____ **Анискина О.Г.**

Авторы-разработчики:
_____ **Дробжева Я.В.**

Санкт-Петербург 2021

1. Цели освоения дисциплины

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – подготовка магистрантов, владеющих теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для понимания и исследования процесса распространения акустических волн, генерированных наземным точечным источником, от земной поверхности до высот верхней атмосферы.

Задачи:

- формирование понимания целостной картины влияния различных геофизических факторов на параметры и динамику атмосферы;
- приобретение навыков работы с моделью нейтральной атмосферы NRLMSISE и моделью горизонтального ветра HWM, и интерпретации полученных результатов;
- приобретение знаний о физике распространения акустических волн в атмосфере;
- приобретение знаний о фундаментальных и прикладных аспектах развития теории переноса акустической энергии в атмосфере.
- приобретение навыков работы с моделью распространения акустических волн, генерируемых наземным точечным источником, вверх через атмосферу и интерпретации полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Акустические волны в атмосфере» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль «Прикладная метеорология» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, в 1 семестре.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Введение в химию атмосферы» «Физика атмосферы», «Физическая метеорология», ««Механика жидкостей и газа», «Физика атмосферы», «Динамическая метеорология», «Линейная теория атмосферных волн», «Компьютерные технологии в метеорологических исследованиях», изучаемых по программе подготовки бакалавра.

Параллельно с дисциплиной «Акустические волны в атмосфере» изучается дисциплина и лабораторные работы «Моделирование природных процессов в атмосфере», а также дисциплина и практические занятия «Специальные главы физики атмосферы».

Дисциплина «Акустические волны в атмосфере» является базовой для проведения научно-исследовательской работы, преддипломной практики.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-2

Профессиональные компетенции

Таблица 1.

Код и наименование профессиональной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**	**Результаты обучения**
ПК-2 Способен исследовать атмосферные явления	ПК-2.2 Выявляет типовые атмосферные процессы, определяющие различия в погоде	*Знать:* – Физические и химические основы атмосферных процессов;

различных пространственно-временных масштабов, в том числе с учетом влияния геофизических процессов	и климате	– современные модели нейтральной атмосферы и горизонтального ветра. *Уметь:* – рассчитывать профили параметров атмосферы, используя международную модель нейтральной атмосферы NRLMSISE; – рассчитывать профили скорости и направления ветра по международной модели горизонтального ветра HWM; – Интерпретировать результаты, полученные на основе моделей. *Владеть:* – методикой работы с моделями нейтральной атмосферы и горизонтального ветра; – методикой оценки ошибок модельных расчетов.
	ПК-2.3. Учитывает в исследовательской деятельности влияние геофизических факторов на процессы и явления, происходящие в атмосфере	*Знать:* – механизм влияния геофизических факторов на различные параметры атмосферы и динамику атмосферы. – источники акустических волн; частотный диапазон акустических волн; классификацию акустических волн по виду «фронта» волны; – физику распространения акустических волн в атмосфере; –фундаментальные и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии в атмосфере; – современную модель распространения акустических волн в атмосфере. *Уметь:* – рассчитывать траекторию распространения

		акустического импульса в атмосфере; – исследовать эволюцию распространения акустического импульса, генерированного наземным точечным источником и цилиндрическим источником, находящимся на высотах атмосферы на основе модельных расчетов. *Владеть:* –методикой работы с моделью расчета траектории распространения акустических импульсов в атмосфере; – методикой работы с моделью генерации и распространения акустических волн в атмосфере; – методикой оценки ошибок модельных расчетов

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет _4_ зачетные единицы, __144_ академических часа.

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	**144**	**144**
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	**56**	**16**
в том числе:		
лекции	**28**	**10**
Занятия семинарского типа:		
Практические занятия	**28**	**6**
Лабораторные занятия		

Самостоятельная работа (далее – СРС) – **всего:**	**88**	**128**
в том числе:		
Курсовая работа	-	-
Контрольная работа	-	+
Вид промежуточной аттестации	**экзамен**	**экзамен**

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	Общие сведения об атмосфере, современные модели исследования атмосферы	1	10	10	32	Вопросы по практическому заданию Отчет	ПК-2	ПК-2.2
2	Акустические волны в атмосфере	1	6	6	20	Вопросы по практическому заданию Отчет	ПК-2	ПК-2.3
3	Современный уровень разработки теории и моделирования распространения акустических волн в атмосфере.	1	12	12	36	Вопросы по практическому заданию Отчет	ПК-2	ПК-2.3
	ИТОГО	**-**	**28**	**28**	**88**	**-**	**-**	**-**

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной 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	Общие сведения об атмосфере, современные модели исследования атмосферы	1	6	2	42	Вопросы по практическому заданию Отчет Контрольное задание	ПК-2	ПК-2.2
2	Акустические волны в атмосфере	1	2	2	36	Вопросы по практическому заданию Отчет	ПК-2	ПК-2.3
3	Современный уровень разработки теории и моделирования распространения акустических волн в атмосфере.	1	2	2	50	Вопросы по практическому заданию Отчет	ПК-2	ПК-2.3
	ИТОГО	**-**	**10**	**6**	**128**	**-**	**-**	**-**

4.3. Содержание *разделов/тем* дисциплины

4.3.1. Общие сведения об атмосфере, современные модели исследования атмосферы

Стратификация атмосферы. Вариации температуры, плотности, давления и состава верхней атмосферы, зависимость от различных геофизических факторов. Модель нейтральной атмосферы NRLMSISE. Ионосфера, метеорологическое влияние на ионосферу.. Основные положения о динамических процессах в атмосфере: ветер, волны, турбулентность. Модель горизонтального ветра HWM. Методика оценки ошибок модельных расчетов.

4.3.2. Акустические волны в атмосфере

Акустические волны в атмосфере. Частотный диапазон акустических волн. Источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения). Классификация акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая). Скорость звука. Приближение геометрической акустики. Модель и физические основы расчета траектории акустических лучей.

4.3.3. Современный уровень разработки теории и моделирования распространения акустических волн в атмосфере

Фундаментальные и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии в атмосфере. Экспериментальное доказательство распространения акустических волн до высот верхней атмосферы. Модель распространения акустических волн, генерированных точечным наземным источником, вверх через атмосферу: основные блоки и программы. Модель распространения акустических волн, генерированных цилиндрическим источником на высотах атмосферы: основные блоки и программы.

и цилиндрическим источником в атмосфере,

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Содержание практических занятий для очной формы обучения

Таблица 5.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	1	Алгоритм работы с моделью нейтральной атмосферы NRLMSISE. Алгоритм работы с моделью горизонтального ветра HWM. Освоение компьютерной программы для построения графиков Grapher.	**2**	2
2	1	Расчет и исследование высотных изменений давления, плотности, температуры и скорости звука для различных уровней солнечной активности.	**2**	2
3	1	Расчет и исследование высотных изменений давления, плотности, температуры и скорости звука для различных уровней геомагнитной активности.	**2**	2
4	1	Расчет и исследование высотных изменений скорости ветра для различных геофизических условий.	**2**	2
5	1	Расчет и исследование высотных изменений направления ветра для 6различных геофизических условий.	**2**	2

6	2	Алгоритм работы с моделью расчета траектории распространения акустических импульсов от точечного источника.	**2**	2
7	2	Расчет и исследование зависимости траектории распространения акустического импульса от уровня солнечной.	**2**	2
8	2	Расчет и исследование зависимости траектории распространения акустического импульса от уровня геомагнитной активности.	**2**	2
9	3	Алгоритм работы с моделью распространения акустических волн.	**2**	2
10	3	Подготовка базы данных для работы с моделью распространения акустических волн и расчет для калибровочного взрыва.	**2**	2
11	3	Подготовка базы данных входных параметров атмосферы для расчета эволюции акустического импульса, генерированного цилиндрическим источником, при его распространении в атмосфере для различных сезонов.	**2**	2
12	3	Расчет и исследование эволюции акустического импульса, генерированного цилиндрическим источником, при его распространении в атмосфере для различных сезонов.	**2**	2
13	3	Подготовка базы данных входных параметров атмосферы для расчета эволюции акустического импульса, генерированного цилиндрическим источником, при его распространении в атмосфере для различных высот нахождения источника.	**2**	2
14	3	Расчет и исследование эволюции акустического импульса, генерированного цилиндрическим источником, при его распространении в атмосфере для различных высот нахождения источника.	**2**	2

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

Таблица 6.

№ п/п	**№ раздела дисциплины**	**Тематика практических занятий**	**Всего часов**	**В том числе часов практической подготовки**
1	1	Алгоритм работы с моделью нейтральной	**2**	2

		атмосферы NRLMSISE. Освоение компьютерной программы для построения графиков Grapher. Расчет и исследование высотных изменений давления, плотности, температуры и скорости звука для различных уровней солнечной активности.		
2	2	Алгоритм работы с моделью горизонтального ветра HWM. Расчет и исследование высотных изменений скорости ветра для различных геофизических условий.	**2**	2
3	3	Алгоритм работы с моделью распространения акустических волн.	**2**	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, изучить основную и дополнительную литературу. Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент может приходить на консультации с преподавателем, для чего студент может использовать возможности удаленного доступа (Интернет). Модель нейтральной атмосферы NRLMSIS-00: https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/nrlmsise00.php (также в случае необходимости предоставляется преподавателем exe –файл для расчетов в диалоговом режиме). Модель горизонтального ветра HWM: https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/atmos/hwm.html (также в случае необходимости предоставляется преподавателем exe –файл для расчетов в диалоговом режиме).

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 -75;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 15;

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 – **экзамен.**

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

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-2.2:

1. Стратификация атмосферы, области турбулентной и молекулярной диффузии. Высота однородной атмосферы.
2. Химический состав атмосферы, его изменения с высотой.
3. Факторы, оказывающие влияние на состояние нейтрального газа верхней атмосферы на данной высоте.
4. Система горизонтальных нейтральных ветров в верхней атмосфере, причина возникновения.
5. Дрейф ионизации, причины возникновения.
6. Ионосфера, причина появления.
7. Ионосфера, как продукт деятельности трех основных процессов: ионизации, рекомбинации и динамики.

8. Ионосферные возмущения, основные причины.
9. Волны в атмосфере.
10. Атмосферная турбулентность.

ПК-2.3:

11. Модель нейтральной атмосферы NRLMSISE.
12. Модель горизонтального ветра HWM.
13. Ударные и акустические волны в атмосфере.
14. Частотный диапазон акустических волн. Источники акустических волн (естественного и искусственного происхождения).
15. Скорость звука.
16. Физические основы расчета траектории акустических лучей.
17. Классификация акустических волн по виду «фронта» волны (плоская, сферическая, цилиндрическая).
18. Приближение геометрической акустики. Сплошность среды.
19. Фундаментальные и прикладные аспекты развития теории переноса акустической энергии в атмосфере.
20. Экспериментальное доказательство распространения акустических волн до высот верхней атмосферы.
21. Модель воздействия акустических волн на атмосферу для точечного источника: основные блоки и программы.
22. Эволюция акустического импульса, генерированного точечным источником, при его распространении вверх через неоднородную атмосферу.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы
Очная форма обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	**Баллы**
Посещение лекционных занятий	0-10
Практическое задание №1	0-5
Практическое задание №2	0-5
Практическое задание №3	0-5
Практическое задание №4	0-5
Практическое задание №5	0-5
Практическое задание №6	0-5
Практическое задание №7	0-5
Практическое задание №8	0-5
Практическое задание №9	0-5
Практическое задание №10	0-5
Практическое задание №11	0-5
Практическое задание №12	0-5
Практическое задание №13	0-5
Практическое задание №14	0-5
Промежуточная аттестация	0-20
ИТОГО	**0-100**

Таблица 8.

Распределение баллов по видам учебной работы

Заочная форма обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-10
Контрольное задание	0-5
Практическое задание №1	0-5
Практическое задание №2	0-5
Практическое задание №3	0-5
Практическое задание №4	0-5
Практическое задание №5	0-5
Практическое задание №6	0-5
Практическое задание №7	0-5
Практическое задание №8	0-5
Практическое задание №9	0-5
Практическое задание №10	0-5
Практическое задание №11	0-5
Практическое задание №12	0-5
Практическое задание №13	0-5
Промежуточная аттестация	0-20
ИТОГО	0-100

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

Таблица 9.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	**Баллы**
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	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 «Акустические волны в атмосфере».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Дробжева Я.В. Перенос энергии и количества движения акустическими волнами в атмосфере [Текст]: учебное пособие / Я.В. Дробжева. – Санкт-Петербург: Адмирал, 2016. - 110 с. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_019d6ee41eee4675a39485191e488b85.pdf
2. Краснов В.М., Дробжева Я.В. Нелинейная акустика в неоднородной атмосфере в рамках аналитических решений [Текст]: монография / В.М. Краснов, Я.В. Дробжева. – Санкт-Петербург: Полиграфическое предприятие «Кром-Принт», 2018. – 172С. Режим доступа: http://lib.rshu.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108

Дополнительная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Гидродинамика : учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского - Москва: Наука. 2006. – 731 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика [Текст]: учебник/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц – Москва: Наука. 1988. – 733 с.
3. Волобуева О.В., Дробжева Я.В., Иванова И.А., Топтунова О.Н., Проверка точности расчетов профилей температуры по модели NRLMSISE-00 для Санкт-Петербурга. // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. – 2020. – №599. – С.93-103. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46133168
4. Дробжева Я.В., Зикункова Д.В. Акустический импульс на границе перехода ударной волны в акустическую при сверхзвуковом полете самолета// Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве снг», посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета, 2020, 22-24 ОКТЯБРЯ. – С.148-149. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44425896
5. Данилов А.Д. Популярная аэрономия [Текст]: Данилов А.Д. - Гидрометеоиздат, 1989-230 с.
6. Krasnov V.M Acoustic energy transfer to the upper atmosphere from surface chemical and underground nuclear explosions // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2006. – V. 68. – P. 578–585.
7. Krasnov V., Drobzheva Ya.V.Lastovicka J. Acoustic energy transfer to the upper atmosphere from sinusoidal sources and a role of non-linear processes // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2007. – V. 69. – P. 1357–1365.
8. Drobzheva Ya. V. Krasnov V. M. The acoustic field in the atmosphere and ionosphere caused by a point explosion on the ground // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2003. – V. 65. – Issue 3 – P. 369–377.
9. Drobzheva Ya.V. Krasnov V.M. The spatial structure of the acoustic wave field generated in the atmosphere by a point explosion // Acoustical Physics. – 2001. – V. 47. – №5 – P. 556–564.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Электронный ресурс. Эмпирическая модель верхней атмосферы NRLMSIS: https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/nrlmsise00.php – свободный доступ.

Электронный ресурс. Эмпирическая модель ветра HWM: - https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/atmos/hwm.html - свободный доступ.

8.3. Перечень программного обеспечения

windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012
windows 7 47049971 18.06.2010
office 2013 62398416 11.09.2013
windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012
windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012
GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).

8.4. Перечень информационных справочных систем

Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн,
Режим доступа: http://elib.rshu.ru
Электронно-библиотечная система Знаниум.

Режим доступа: http://znanium.com

8.5. Перечень профессиональных баз данных
1. Электронно-библиотечная система elibrary;
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/defaultx.asp
2. База данных издательства SpringerNature;
Режим доступа: https://www.springernature.com/gp

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. **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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений.
Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов от 30.06.2022 № 14

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры метеорологических прогнозов от21.06.2023 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры метеорологических прогнозов от 12.05.2024 № 11