

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет
им. Н.И. Лобачевского»

Радиофизический
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Дистанционное зондирования объектов
окружающей среды
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
Магистратура
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Акустика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место и цели дисциплины «Методы дистанционного зондирования объектов окружающей среды» в структуре ОПОП

Дисциплина «Дистанционное зондирование объектов окружающей среды» относится к дисциплинам по выбору магистра вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению подготовки 03.04.03 «Радиофизика», направленность образовательной программы «Акустика».

Целями освоения дисциплины являются:

- получение на основе единого волнового (радиофизического) подхода научно обоснованных представлений о распространении и рассеянии электромагнитных и акустических волн в средах, содержащих дискретные и непрерывные неоднородности, а также об их отражении от шероховатых поверхностей
- усвоение основных методов извлечения информации о свойствах среды (статистических характеристиках дискретных и непрерывных неоднородностей, скоростях их движения и т.д.) из рассеянных сигналов
- изучение структуры современных систем дистанционного зондирования и общее знакомство с принципами действия их функциональных элементов: антенн, приемно-передающих устройств, подсистем обработки, отображения и хранения данных
- изучение примеров применения радиолокационных, акустических и лазерных систем дистанционного зондирования для исследований в области гидрометеорологии, океанологии, экологии

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Методы дистанционного зондирования объектов окружающей среды», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1. Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<u>Знать</u> основные принципы и закономерности рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах; области применения теории однократного и многократного рассеяния и переноса излучения; функциональные схемы систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана; способы их применения для исследования различных процессов в окружающей среде
ПК-2. Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-	<u>Уметь</u> применять основные уравнения теории однократного рассеяния для расчета рассеянных сигналов для сред с дискретными и непрерывными объемными неоднородностями и статистически-неровных поверхностей

конструкторских работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты	
ПК-3. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	<u>Владеть</u> основами современного математического аппарата расчета рассеянных сигналов; обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, мероприятия текущего контроля успеваемости и коллоквиум, 2 часа консультации и 4 часа экзамены). На мероприятия текущего контроля успеваемости отводится 2 часа, мероприятия промежуточной аттестации (коллоквиум) – 2 часа. 70 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю); форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В том числе												Самостоятельная работа обучающегося, часов	
				Контактная работа, часов (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них									Всего				
				Занятия лекционного типа			Занятия семинарского типа		Занятия лабораторного типа								
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное		Очное
1. Введение Классификация методов ДЗ. Энергетический баланс и взаимодействие солнечного излучения с атмосферой и гидросферой Земли. Происхождение гидрометеоров, атмосферной и	6			2								2			4		

океанической циркуляции. Объекты ДЗ в атмосфере и океане. Некоторые сведения по экологии. Процессы и явления в экосистемах, наблюдаемые с помощью активного ДЗ.																	
2. Трансформация излучения в случайно-неоднородной среде. Приближения теории рассеяния и условия их применимости Трансформация когерентного поля в некогерентное при распространении в рассеивающей среде. Теория одно- и многократного рассеяния, теория переноса излучения: критерии применимости.	6			2						2			4				
3. Рассеяние ЭМ и акустических волн на дискретных неоднородностях Понятие сечения рассеяния. Рассеяние Рэлея ЭМ и акустических волн на одиночной частице. Рассеяние Ми ЭМ и акустических волн на одиночной частице. Рассеяние на больших частицах в приближении геометрической оптики (акустики). Резонансные рассеиватели в акустике.	14			4						4			10				
4. Рассеяние ЭМ и акустических волн на непрерывно-распределенных неоднородностях Обзор методов описания непрерывных случайных полей. Турбулентность. Общие закономерности рассеяния в среде с флуктуациями плотности и скорости (аналогия с рассеянием	14			4						4			10				

Брэгга света на ультразвуке).																	
5. Рассеяние ЭМ и акустических волн на неровной поверхности Законы отражения и преломления на ровной границе двух сред. Формулы Френеля. Методы малых возмущений и Кирхгофа в теории рассеяния на неровной поверхности. Двухмасштабная модель. Особенности рассеяния на подвижной поверхности на примере морского волнения.	6			2							2			4			
6. Обратная задача рассеяния в случайно-неоднородной среде Общая постановка обратной задачи рассеяния. Понятие некорректности. Использование дополнительной информации о среде. Эффект Доплера для ЭМ и акустических волн. Упрощенные методы оценки характеристик среды по рассеянному излучению. Энергетическое описание процесса рассеяния. Уравнения радио- и акустической локации.	6			2							2			4			
7. Структура и функции систем дистанционного зондирования Обобщенная схема системы активного ДЗ. Антенные системы. Фазированные антенные решетки. Синтезирование апертуры. Способы обзора пространства в ДЗ. Задача обнаружения и оценки параметров рассеянного сигнала. Функция неопределенности (ФН) зондирующего сигнала.	6			2							2			4			

Простые и сложные сигналы и их ФН. Сжатие импульса. Принцип неопределенности в активной локации.																	
8. Метеорадиолокация Гидрометеоры и аэрозоли. Оценка скорости ветра. Радиоакустическая локация.	6			2						2			4				
9. Радиолокационное зондирование поверхности океана Спутниковая альтиметрия возвышений поверхности океана: цунами, вихри и рельеф дна. Ледовый покров. Морское волнение: проявление морфологии дна, внутренних волн и скорости ветра на РЛ-изображениях морской поверхности.	14			4						4			10				
10. Акустическое зондирование толщи и дна океана. Пассивная биоакустика Стратификация и акустические характеристики водной среды. Дальнее волноводное распространение звука в океане. Потери при распространении. Неоднородности океанской среды: турбулентность, дискретные рассеиватели биологического происхождения, газовые пузырьки (резонансное рассеяние), рассеивающие свойства дна и поверхности. Гидролокация как исследовательский инструмент в океанологии и экологии. Доплеровские профилографы течений. Биоакустика океана. Механизмы генерации	14			4						4			10				

и восприятия звуков морскими животными. Его биологическое значение: ориентация, коммуникация, поиск пищи.																	
11. Лазерное зондирование атмосферы Эффекты взаимодействия лазерного излучения с веществом: «упругое» рассеяние; спонтанное комбинационное рассеяние (СКР); резонансное рассеяние и поглощение; флуоресценция. Виды используемых лазеров. Методы измерения концентраций основных и малых газовых составляющих атмосферы и аэрозолей. Лазерное зондирование водной поверхности и приповерхностного слоя. Флюориметрические методы. Обнаружение и трассировка углеводородных (нефтяных) пленок, хлорофилла, взвесей, измерение глубины в прибрежных районах с авиационных/судовых носителей. ДЗ озонового слоя.	12			4							4			6			
В т.ч. текущий контроль(добавить)	2					2		2									
Промежуточная аттестация - Экзамен																	

4. Образовательные технологии

В рамках курса предусмотрено чтение лекций с использованием презентаций и компьютерных интерактивных моделей изучаемых явлений и технических систем, для промежуточного контроля знаний предусмотрен коллоквиум.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся состоит в изучении рекомендованной литературы, проверка знаний происходит в ходе промежуточной и итоговой аттестаций по дисциплине (в ходе коллоквиума и экзамена).

Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Рассеивающие свойства неоднородностей атмосферы в СВЧ-диапазоне.
2. Влияние поляризации СВЧ излучения на его рассеяние взволнованной поверхностью.
3. Механизмы рассеяния СВЧ излучения на морской пене и другие эффекты, не описываемые двух-масштабной моделью рассеяния.
4. Георадары: диапазоны частот, особенности распространения радиоволн в почве и льде.
5. Нелинейные акустические свойства воздушных пузырьков, коллективные эффекты (влияние на скорость звука, генерация низкочастотных шумов).
6. Использование акустической нелинейности воды для реализации параметрических гидролокаторов
7. Морская сейсморазведка: импульсные источники, приемные антенные системы, способы обработки данных
8. Принцип действия лазера. Классификация и виды лазеров, используемых в дистанционном зондировании.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Методы дистанционного зондирования объектов окружающей среды», включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

ОПК-3. Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Основных принципов и закономерностей рассеяния электромаг	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала с рядом негрубых ошибок	Знание основного материала с рядом заметных погрешностей	Знание основного материала с незначительными погрешностями	Знание основного материала без ошибок и погрешностей	Знание основного и дополнительного материала без ошибок и

<p>нитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах; области применения теории однократного и многократного рассеяния и переноса излучения; функциональных схем систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана; способов их применения для исследования различных процессов в окружающей среде</p>							погрешностей
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-1. Способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знаний современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Умения</u> применять основные уравнения теории однократного рассеяния для расчета рассеянных сигналов для сред с дискретными и непрерывными объемными неоднородностями и статистически-неровных поверхностей	Отсутствует способность решения стандартных задач	Наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	Способность решения основных стандартных задач с существенными ошибками	Способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	Способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	Способность решения стандартных и широкого круга нестандартных задач
<u>Навыки</u> Владеть основами современного математического аппарата расчета рассеянных сигналов; обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	Полное отсутствие навыка	Отсутствие навыка	Владение навыком в минимальном объеме	Посредственное владение навыком	Достаточное владение навыком	Хорошее владение навыком	Всестороннее владение навыком
Шкала оценок по проценту правильно	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

выполнен ых контрольных заданий							
--	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме и заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение задачи.

Критерии оценок.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия.

	Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные и письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Экзаменационные вопросы для оценки сформированности компетенций

ПК-1

1. Понятие экосистемы и биогеоценоза. Физические поля (температура, концентрации различных химических веществ, солнечное излучение, течение, ветер и т.д.) как экологические условия и ресурсы. Понятие экологической ниши.

2. Спектральный состав солнечного излучения, влияние на него земной атмосферы. Энергетический баланс в атмосфере Земли.

3. Классификация методов дистанционного зондирования (ДЗ). ДЗ в живой природе.

4. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на дискретных неоднородностях.

5. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на непрерывно распределенных неоднородностях.

6. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на шероховатой поверхности.

7. Моностатические и бистатические локационные схемы. Энергетическое описание процесса локации. Уравнение локации, физ. смысл его сомножителей.

8. Эффект Допплера для электромагнитных и акустических волн. Задачи обнаружения и оценки параметров объектов в активной локации. Разрешающая способность. Понятие функции неопределенности (ФН). Простые и сложные сигналы и их ФН. Принцип неопределенности в активной локации.

9. Структура волнового поля антенны с заполненной апертурой. Фазированные антенные решетки, электронное управление диаграммой направленности. Способы обзора пространства в ДЗ.

10. Объекты и методы акустического ДЗ океана. Примеры конкретных систем.

ПК-2

11. Механизмы восприятия гидродинамических и акустических возмущений водными организмами. Генерация звуков водными организмами и ее биологическое значение. Пассивное акустическое ДЗ океана: примеры.

12. Воздушные пузырьки, особенности их рассеивающих свойств. Воздушный пузырек как нелинейный элемент.

13. Радиолокационное ДЗ, частотные диапазоны и области их использования. Непрерывная и импульсная локация. Антенные системы, способы обзора пространства, носители. Локаторы бокового обзора с синтезированной апертурой.

14. Радиолокационное ДЗ морского волнения. Связь характеристик эхосигнала с параметрами волнения

15. Метеорadiолокация. Измеряемые параметры метеорологических процессов. Радиоакустическое зондирование атмосферы

16. Лазерное ДЗ. Принцип действия лазера. Свойства лазерного излучения. Виды лазеров, используемых в ДЗ.

17. Взаимодействие лазерного излучения с газами атмосферы и аэрозолями. Способы измерения концентраций основных и малых газовых составляющих (загрязнений) и аэрозолей.

18. Лазерное зондирование водной поверхности и приповерхностного слоя океана. Флуориметрические методы. Обнаружение и трассировка углеводородных (нефтяных) пленок, хлорофилла, взвесей, измерение глубины в прибрежных районах с авиационных/судовых носителей.

Типовые задачи для оценивания сформированности умений и навыков по компетенциям ПК-3.

Задача 1. Сравнить сечения рассеяния акустически-твердой и акустически-мягкой частиц в области рассеяния Рэлея

Задача 2. Оценить сечение рассеяния дождевой капли диаметром 2 мм при несущей частоте ЭМ зондирования 30 ГГц.

Задача 3. Сравнить области однозначного определения скорости импульсно-доплеровской системой, работающей на длине волны 1 см, для акустической и радиолокации.

Задача 4. Оценить ширину диаграммы направленности круглой антенны диаметром 10 см при длине волны 1 см

Задача 5. Оценить разрешающую способность ЛЧМ радиолокатора при длительности импульса 10 мкс и базе сигнала 50.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. У.Г.Рис. Основы дистанционного зондирования / Москва: Техносфера, 2006.- 336 с.
2. Справочник по радиолокации / Под. ред. М.Сколника. Пер. С англ. Под общей ред. В.С.Вербь. В 2 книгах. Книга 1. Москва: Техносфера, 2014. – 672 с.
3. Справочник по радиолокации / Под. ред. М.Сколника. Пер. С англ. Под общей ред. В.С.Вербь. В 2 книгах. Книга 2. Москва: Техносфера, 2014. – 680 с.
4. Кравченко В.Ф., Волосюк В.К. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации М.: «Физматлит», 2008. – 704 с.
5. В. Н. Киселев, А. Д. Кузнецов. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы). Учебник РГГМУ. 2004.– 430с.

б) дополнительная литература:

1. Бигон М., Харпер Д., Таусенд К. Экология. Особи, популяции, и сообщества. В 2-х т., -М.: Мир, 1989 г.
2. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. В 2-х т., -М.: Мир, 1981 г.
3. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии. Под ред. Крэнкелла. – М., Мир, 1984 г.
4. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. –М, Мир, 1987 г.
5. Клей К., Медвин Г. Акустическая океанография: Основы и применения. - М.: Мир, 1980 г.
6. Басс Ф.Г., Фукс И.М. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. – М., «Наука», 1972 г.
7. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферы. -Новосибирск, «Наука», 1986 г.
8. Каллистратова М.А., Кон Л.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. –М., «Наука», 1985 г.
9. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. – Л., «Гидрометеиздат», 1988 г.

10. P.C.Wille. Sound images of the ocean - in research and monitoring. Springer, 2005, 471 pp.

Книга имеется у составителя программы, т.к. он является ее (книги) соавтором.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Компьютер с проектором, аудиторный фонд ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению (профилю), специальности (специализации) «Радиофизика»

Автор к.ф.-м.н., доцент каф. радиотехники С.И.Муякшин

Рецензент профессор, д.ф.-м.н. С.Грач

Заведующий кафедрой доцент, к.т.н. Е.С.Фитасов

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.