

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. №13

Рабочая программа дисциплины

Дистанционное зондирование 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 программы
Информационные процессы и системы

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород
2023 год

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 «Дистанционное зондирование объектов окружающей среды» относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Собеседование
	ПК-1.2. Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий.	Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений	Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать: современные подходы к моделированию различных явлений Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	Знать: основные принципы организации научного исследования Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	Знать: современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование
	ПК-3.2. Представляет	Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР	Собеседование

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1.Трудовое количество дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	
самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего		
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
1. Введение Классификация методов ДЗ. Энергетический баланс и взаимодействие солнечного излучения с атмосферой и гидросферой Земли. Происхождение гидрометеоров, атмосферной и океанической циркуляции. Объекты ДЗ в атмосфере и океане. Некоторые сведения по экологии. Процессы и явления в экосистемах, наблюдаемые с помощью активного ДЗ.	6	2			2	2
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	2
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	4
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 Брэгга света на ультразвуке).	14	4			4	4

<p>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.</p>	6	2			2	2
<p>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.</p>	6	2			2	2
<p>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. Простые и сложные сигналы и их ФН. Сжатие импульса. Принцип неопределенности в активной локации.</p>	6	2			2	2
<p>8. Метеорадиолокация Гидрометеоры и аэрозоли. Оценка скорости ветра. Радиоакустическая локация.</p>	6	2			2	2
<p>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.</p>	14	4			4	3

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 и восприятия звуков морскими животными. Его биологическое значение: ориентация, коммуникация, поиск пищи.	14	4			4	3
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.	10	4			4	3
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	108	32	0	0	34	29

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:
- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
 - аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
 - разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной физической природы;
 - планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
 - формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
 - совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
 - анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
 - подготовка и оформление научных статей;
 - составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
 - участие в научных конференциях, в том числе международных
 - руководство научной работой обучающихся
- компетенций – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечена учебными пособиями и методическими разработками для лабораторных работ. Учебно-методические разработки содержат необходимый для контроля освоения дисциплины перечень вопросов, по ответам на которые производится контроль приобретённых знаний.

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 сейсмозащита: импульсные источники, приемные антенные системы, способы обработки данных
8. Принцип действия лазера. Классификация и виды лазеров, используемых в дистанционном зондировании.

Промежуточная аттестация по дисциплине - экзамен.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность полнодушно ответить на вопросы из-за отсутствия знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки	
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не

		ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы Вопросы к экзамену

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
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.	ПК-1
2. Спектральный состав солнечного излучения, влияние на него земной атмосферы. Энергетический баланс в атмосфере Земли.	ПК-1
3. Классификация методов дистанционного зондирования (ДЗ). ДЗ в живой природе.	ПК-1
4. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на дискретных неоднородностях.	ПК-1
5. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на непрерывно распределенных неоднородностях.	ПК-1
6. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на шероховатой поверхности.	ПК-2
7. Моностатические и бистатические локационные схемы. Энергетическое описание процесса локации. Уравнение локации, физ. смысл его сомножителей.	ПК-2
8. Эффект Доплера 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.	ПК-2
9. Структура волнового поля антенны с заполненной апертурой. Фазированные антенные решетки, электронное управление диаграммой направленности. Способы обзора пространства в ДЗ.	ПК-2
10. Объекты и методы акустического ДЗ океана. Примеры конкретных систем.	ПК-2
11. Механизмы восприятия гидродинамических и акустических возмущений водными организмами. Генерация звуков водными	ПК-2

организмами и ее биологическое значение. Пассивное акустическое ДЗ океана: примеры.	
12. Воздушные пузырьки, особенности их рассеивающих свойств. Воздушный пузырек как нелинейный элемент.	<i>ПК-2</i>
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.	<i>ПК-2</i>
14. Радиолокационное ДЗ морского волнения. Связь характеристик эхосигнала с параметрами волнения	<i>ПК-1</i>
15. Метеородиолокация. Измеряемые параметры метеорологических процессов. Радиоакустическое зондирование атмосферы	<i>ПК-1</i>
16. Лазерное ДЗ. Принцип действия лазера. Свойства лазерного излучения. Виды лазеров, используемых в ДЗ.	<i>ПК-1</i>
17. Взаимодействие лазерного излучения с газами атмосферы и аэрозолями. Способы измерения концентраций основных и малых газовых составляющих (загрязнений) и аэрозолей.	<i>ПК-1</i>
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.	<i>ПК-1</i>

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2

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. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации [Электронный ресурс] / Под ред. В.Ф. Кравченко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108959.html>

2. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Владимиров [и др.]. — Электрон. дан. — Красноярск : СФУ, 2014. — 196 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/64590>

б) дополнительная литература:

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещение представляет собой учебную аудиторию для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенное оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер, мультимедийный проектор.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: Пальгуев Д.А.

Рецензент: Грач С.М.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.