

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)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____

Матросов В.В.

« _____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Методы дистанционного зондирования

окружающей среды

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Аспирантура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.06.01 «Физика и астрономия»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-

исследователь

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2021 г.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Методы дистанционного зондирования окружающей среды» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной по выбору и изучается на 1-м году обучения, в осеннем семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования и полученные в результате освоения следующих дисциплин: «Электродинамика», «Статистическая радиофизика», «Квантовая радиофизика», «Механика сплошных сред», «Основы радиолокации», «Спектральная обработка сигналов», «Теория оптимального приема сигналов».

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

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1</i> Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики (базовый этап)	<i>З(ПК-1)-1</i> Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>У(ПК-1)-1</i> Уметь определять наиболее актуальные направления исследований; <i>У(ПК-1)-2</i> Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста; <i>У(ПК-1)-3</i> Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений; <i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; <i>В(ПК-1)-3</i> Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
<i>ПК-2</i>	<i>З(ПК-2)-1</i> Знать современное состояние науки в области

Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта (базовый этап)	радиофизики; З(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов; У(ПК-2)-2 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; В(ПК-2)-1 Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов; В(ПК-2)-3 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика».
ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики (базовый этап)	З(ПК-3)-2 Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях; У(ПК-3)-1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования; У(ПК-3)-2 Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения; У(ПК-3)-4 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 4 часа мероприятия по аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение	4	2	-	-	-	2	2
2. Трансформация излучения в случайно-неоднородной среде. Приближения теории рассеяния и условия их	4	2	-	-	-	2	2

применимости							
3. Рассеяние ЭМ и акустических волн на дискретных неоднородностях	9	4	-	-	-	4	5
4. Рассеяние ЭМ и акустических волн на непрерывно-распределенных неоднородностях	9	4	-	-	-	4	5
5. Рассеяние ЭМ и акустических волн на неровной поверхности	4	2	-	-	-	2	2
6. Обратная задача рассеяния в случайно-неоднородной среде	4	2	-	-	-	2	2
7. Структура и функции систем дистанционного зондирования	4	2	-	-	-	2	2
8. Метеорадиолокация	4	2	-	-	-	2	2
9. Радиолокационное зондирование поверхности океана	9	4	-	-	-	4	5
10. Акустическое зондирование толщи и дна океана. Пассивная биоакустика	9	4	-	-	-	4	5
11. Лазерное зондирование атмосферы	8	4	-	-	-	4	4
Аттестация по дисциплине - зачет	4	4	-	-	-	4	-
Итого	72	36	-	-	-	36	36

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
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.	Лекции	-
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.	Лекции	-
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.	Лекции	-

		Рассеяние на больших частицах в приближении геометрической оптики (акустики). Резонансные рассеиватели в акустике.		
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).	Лекции	-
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.	Лекции	Коллоквиум
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.	Лекции	-
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.	Лекции	-
8	Метеорадиолокация	Гидрометеоры и аэрозоли. Оценка скорости ветра. Радиоакустическая локация.	Лекции	-

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.	Лекции	-
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, пузырьки (резонансное рассеяние, нелинейные свойства, генерация шумов), 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.	Лекции	-
11	Лазерное зондирование атмосферы и приповерхностного слоя океана.	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 приповерхностного слоя. Флуориметрические методы. Обнаружение и трассировка углеводородных (нефтяных) пленок, хлорофилла, взвесей, измерение глубины в прибрежных районах с авиационных/судовых носителей. ДЗ озонового слоя.	Лекции	Зачет

4. Образовательные технологии

В рамках курса предусмотрено чтение лекций с использованием презентаций и компьютерных интерактивных моделей изучаемых явлений и технических систем, коллоквиум, а также посещение метеорадиолокатора Госкомгидромета.

5. Формы организации и контроля 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 зачета).

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

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

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведено в приложении 1.

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

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, незачет. Для оценивания результатов обучения в виде знаний, умений и владений процедура аттестации включает в себя: тестирование на основе программы курса и контрольных вопросов (п.6.3) и практические контрольные задания с дальнейшим собеседованием. Проведение итогового контроля сформированности компетенции происходит при текущем контроле самостоятельной работы обучающегося, а также во время устного ответа в ходе зачета.

Критерии оценок:

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
Не зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

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. Фазируемые антенные решетки, электронное управление диаграммой направленности. Способы обзора пространства в ДЗ.
10. Объекты и методы акустического ДЗ океана. Примеры конкретных систем.
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. Метеорадиолокация. 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.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-1, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 3, 7, 10, 11, 13-16, 17, 18.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-2, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1, 2, 4-6, 12.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-3, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 3, 10, 11, 16.

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

а) основная литература:

1. Волосюк, В.К. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.К. Волосюк, В.Ф. Кравченко. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2008. — 704 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/49105>. — Загл. с экрана.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К - Экология: особи, популяции и сообщества : в 2 т. Т. 2. - М.: Мир, 1989. - 477 с.
3. Исимару А. - Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах: [в 2 т.]. Т. 1. - М.: Мир, 1981. - 280 с.

б) дополнительная литература:

1. P.C.Wille. Sound images of the ocean - in research and monitoring. Springer, 2005, 471 pp.
2. Клей К. С., Медвин Г - Акустическая океанография: Основы и применения. - М.: Мир, 1980. - 580 с.
3. Басс Ф. Г., Фукс И. М. - Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. - М.: Наука, 1972. - 424 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;
<http://www.biblioclub.ru>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор _____ С.И. Муякшин

Рецензент _____ А.В. Кудрин

Заведующий кафедрой радиотехники _____ Е.С. Фитасов

Программа рекомендована на заседании кафедры радиотехники от _____ года, протокол № _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № _____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики					
З(ПК-1)-1 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать современные научные достижения, а также методы генерирования новых идей при решении практических задач в области зондирования окружающей среды.	Отсутствие знаний современных научных достижений в области зондирования окружающей среды.	Фрагментарные знания современных научных достижений в области зондирования окружающей среды.	Общие, но не структурированные знания современных научных достижений в области зондирования окружающей среды, а также методов генерирования новых идей при решении практических задач.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных научных достижений в области зондирования окружающей среды, а также методов генерирования новых идей при решении практических задач.	Сформированные системные знания современных научных достижений в области зондирования окружающей среды, а также методов генерирования новых идей при решении практических задач.
У(ПК-1)-1 Уметь определять наиболее актуальные направления исследований.	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее актуальные направления исследований.	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь определять наиболее актуальные направления	Не умеет и не готов определять наиболее актуальные направления исследований в	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований в	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований в области

исследований в области зондирования окружающей среды.	области зондирования окружающей среды.	области зондирования окружающей среды.	направления исследований в области зондирования окружающей среды.	актуальные направления исследований в области зондирования окружающей среды.	зондирования окружающей среды.
У(ПК-1)-2 Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста.	Не умеет и не готов формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста.	Имея базовые представления о тенденциях развития науки в области радиофизики и этапах профессионального роста, не способен сформулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения.	При формулировке новых научных задач в области радиофизики не учитывает тенденции развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностные особенности.	Формулирует новые научные задачи в области радиофизики, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности.	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь самостоятельно формулировать новые задачи в области зондирования окружающей среды и предполагаемые методы их решения, исходя из знаний современных научных достижений.	Не умеет и не готов формулировать новые задачи в области зондирования окружающей среды и предполагаемые методы их решения, исходя из знаний современных научных достижений.	Имея базовые представления о современных научных достижениях в области зондирования окружающей среды, не способен сформулировать новые научные задачи в данной области и предполагаемые методы их решения.	При формулировке новых научных задач в области зондирования окружающей среды не учитывает тенденции развития науки в данной области.	Формулирует новые научные задачи в области зондирования окружающей среды, исходя из тенденций развития науки в данной области, но не полностью учитывает возможные этапы решения задачи.	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области зондирования окружающей среды и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в данной области.
У(ПК-1)-3 Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь при решении практических задач самостоятельно формулировать новые идеи в области зондирования окружающей среды,	Не умеет и не готов при решении практических задач самостоятельно формулировать новые идеи в области зондирования	Имея базовые представления об основных принципах и закономерностях рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных	При формулировке новых идей при решении практических задач в области зондирования окружающей среды не полностью учитывает	Формулирует новые идеи при решении практических задач в области зондирования окружающей среды, исходя из знаний основных принципов и	Готов и умеет формулировать новые идеи при решении практических задач в области зондирования окружающей среды, исходя из знаний основных

исходя из знаний основных принципов и закономерностей рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	окружающей среды, исходя из знаний основных принципов и закономерностей рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	средах, не способен формулировать новые идеи при решении практических задач в данной области.	основные принципы и закономерности рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	закономерностей рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	принципов и закономерностей рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.
<i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.	Не владеет навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.	Фрагментарное применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.	Успешное и систематическое применение навыков критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению практических задач в области зондирования окружающей среды.
<i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения технологий планирования профессиональной деятельности.	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть методами планирования при решении практической задачи.	Не владеет навыками планирования при решении практической задачи.	Фрагментарное применение методов планирования при решении практической задачи.	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования при решении	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения методов планирования при	Успешное и систематическое применение методов планирования при решении практической

			практической задачи.	решении практической задачи.	задачи.
В(ПК-1)-3 Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа радиофизических задач, отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Не владеет современными средствами вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Фрагментарное владение отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.	Успешное и систематическое владение навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов при решении практической задачи.
ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта					
З(ПК-2)-1 Знать современное состояние науки в области радиофизики.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиофизики.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные принципы и закономерности рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах; области применения теории	Отсутствие знаний основных принципов и закономерностей рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	Фрагментарные представления об основных принципах и закономерностях рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах.	Неполные представления об основных принципах и закономерностях рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах, областях применения теории однократного и	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления об основных принципах и закономерностях рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах, областях применения теории	Сформированные систематические представления об основных принципах и закономерностях рассеяния электромагнитных и акустических волн в случайно-неоднородных средах, областях применения теории

однократного и многократного рассеяния и переноса излучения.			многократного рассеяния и переноса излучения.	средах, областях применения теории однократного и многократного рассеяния и переноса излучения.	однократного и многократного рассеяния и переноса излучения.
3(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать современные 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.	Отсутствие представлений о современных функциональных схемах систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана.	Фрагментарные представления о современных функциональных схемах систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана.	В целом успешные, но несистемные представления о современных функциональных схемах систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана и способах их применения для исследования различных процессов в окружающей среде.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных функциональных схемах систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана и способах их применения для исследования различных процессов в окружающей среде.	Сформированные систематические представления о современных функциональных схемах систем акустического, радиолокационного и лазерного зондирования атмосферы, океана и подстилающей поверхности суши и взволнованной поверхности океана и способах их применения для исследования различных процессов в окружающей среде.
У(ПК-2)-2 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь представлять результаты решения практических задач научному сообществу.	Не умеет и не готов представлять полученные результаты научному сообществу.	Умение представлять полученные результаты узкому кругу специалистов.	В целом успешное, но не последовательное представление полученных результатов научному сообществу.	Успешное умение представлять полученные результаты научному сообществу.	Сформированное умение представлять полученные результаты научному сообществу, определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
<i>В(ПК-2)-1</i> Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	Успешное и систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть основами современного математического аппарата для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	Не владеет и не готов применять современный математический аппарат для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	Фрагментарное применение основ современного математического аппарата для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	В целом успешное, но не систематическое применение современного математического аппарата для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современного математического аппарата для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.	Успешное и систематическое применение современного математического аппарата для расчета рассеянных сигналов, обработки сигналов и методов оценки их параметров с использованием современных компьютерных средств.
<i>В(ПК-2)-3</i> Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика»	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных.	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР.	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен владеть методами	Не владеет и не готов планировать и проводить научное	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и	В целом успешное, но не систематическое применение методов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение	Успешное и систематическое применение методов планирования,

планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов и формулировки выводов.	исследование в рамках практической задачи.	проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов.	планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов.	методов планирования, подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов, формулировка выводов.	подготовки и проведения научного исследования в рамках практической задачи, анализа полученных результатов и формулировки выводов.
ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики					
3(ПК-3)-2 Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. В результате освоения дисциплины обучающийся должен ознакомиться с публикациями в рецензируемых научных изданиях в области зондирования окружающей среды и иметь представление о структуре, содержании и оформлении данных публикаций.	Отсутствие знаний. Отсутствие знаний публикаций по теме дисциплины.	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. Фрагментарные знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Общие представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. Общие знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях. Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания публикаций и представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях. Сформированные знания публикаций по теме дисциплины, представления о требованиях к структуре, содержанию и оформлению публикаций в рецензируемых научных изданиях.
У(ПК-3)-1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования. В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	Отсутствие умений. Не умеет и не готов интерпретировать полученные результаты.	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования. Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования. В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования. Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты, полученные при решении практических задач.

У(ПК-3)-2 Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Отсутствие умений.	Фрагментарное использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Сформированное умение оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь оценивать границы применимости результатов, полученных при решении задач в области зондирования окружающей среды, и возможности их внедрения.	Не умеет и не готов оценивать границы применимости полученных результатов в области зондирования окружающей среды и возможности их внедрения.	Фрагментарное умение оценивать границы применимости полученных результатов в области зондирования окружающей среды.	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов в области зондирования окружающей среды и возможности их внедрения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов в области зондирования окружающей среды и возможности их внедрения.	Сформированное умение оценивать границы применимости результатов, полученных при решении задач в области зондирования окружающей среды, и возможности их внедрения.
У(ПК-3)-4 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь представлять результаты решения практических задач научному сообществу.	Не умеет и не готов представлять полученные результаты научному сообществу.	Умение представлять полученные результаты узкому кругу специалистов.	В целом успешное, но не последовательное представление полученных результатов научному сообществу.	Успешное умение представлять полученные результаты научному сообществу.	Сформированное умение представлять полученные результаты научному сообществу, определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.