

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по научной работе

_____ М.Ю. Глявин

« ____ » _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Экспериментальная геофизика

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность
05.06.01 Науки о земле

Направленность образовательной программы
25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы

Квалификация (степень)
Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
20__

1. Место и цели дисциплины в структуре образовательной программы (ОП)

Дисциплина «Экспериментальная геофизика» относится к числу профильных дисциплин вариативной части образовательной программы, является дисциплиной по выбору аспиранта, преподается на втором году обучения в четвертом семестре.

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение и углубление физических основ дистанционной диагностики океана, изучение методов моделирования физических процессов в атмосфере Земли, а также ознакомление с современными проблемами в данных областях;
- формирование у аспирантов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле, направленность 25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы.

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

Таблица 1:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 <i>способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта (этап освоения – базовый)</i>	З1 (ПК-3) Знать основы электродинамики, гидродинамики, акустики и оптики. У1(ПК-3) Уметь анализировать особенности распространения волн в однородных изотропных и анизотропных средах, результаты использования простейших моделей; делать оценки применительно к реальным физическим ситуациям В1 (ПК-2) Владеть современными методами моделирования . рассеяния радиоволн на морской поверхности, методами и средствами дистанционного зондирования океана; методами моделирования океанических процессов, ветрового волнения
ПК-3 <i>способность свободно ориентироваться в разделах физики, необходимых для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (в соответствии с направленностью подготовки) (этап освоения – базовый)</i>	З1 (ПК-3) Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования У1 (ПК-3) Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств В1 (ПК-3) Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 70 составляет самостоятельная работа обучающегося.

Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них			
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего			
Контактные методы измерения характеристик атмосферного пограничного слоя и верхнего слоя океана	6	2		2	4
Спутниковые методы исследования океана	10	4		4	6
Современные спутники дистанционного зондирования. Обработка, анализ и интерпретации многосенсорных данных	6	2		2	4
Лабораторное моделирование процессов в пограничных слоях атмосферы и океана	6	2		2	4
Рассеяние волн на статистически неровной поверхности	9	3		3	6
Физические основы пассивного микроволнового зондирования поверхности Земли	3	1		1	2
Радиолокация морской поверхности	18	6		6	13
Проявления динамических процессов в океане и атмосфере в радиолокационных изображениях морской поверхности	12	4		4	8
Радиометрические методы диагностики океана	6	2		2	4
Основы дистанционного пассивного микроволнового зондирования атмосферы	6	2		2	4
Принципы построения радиометрической аппаратуры микроволнового диапазона	6	2		2	4
Методы решения некорректных обратных задач восстановления характеристик атмосферы и подстилающей поверхности по данным микроволнового зондирования	6	2		2	4
Методы анализа геофизических временных рядов	12	4		4	8
в т.ч. текущий контроль			4		
Промежуточная аттестация – зачет	2			2	
Итого		108			

Содержание разделов дисциплины

Контактные методы измерения характеристик атмосферного пограничного слоя и верхнего слоя океана. Методы измерения характеристик водной толщи океана. Методы измерения поверхностного волнения.

Спутниковые методы исследования океана. Пассивные методы дистанционного зондирования океана в оптическом, инфракрасном и микроволновом диапазонах. Спектрорадиометры и гиперспектрометры. Дистанционные методы измерения температуры и солености поверхности океана, приводного ветра (волнения), морских и материковых льдов,

нефтяного загрязнения, вредоносного цветения водорослей. Активные спутниковые методы зондирования океана: СВЧ альтиметрия и скаттерометрия, радиолокаторы с синтезированной апертурой. Активные методы определения приводного ветра и волнения.

Современные спутники дистанционного зондирования. Обработка, анализ и интерпретации многосенсорных данных.

Спутники Aqua, Terra, GPM, GCOM-W1, Sentinel-1A, -1B, ALOS-1, -2, Метеор-М № 2, Suomi NPP, Landsat-8, NOAA-19. Базы данных спутниковых измерений.

Лабораторное моделирование процессов в пограничных слоях атмосферы и океана. Принципы масштабного лабораторного моделирования процессов в океане и атмосфере. Современные лабораторные установки.

Рассеяние волн на статистически неровной поверхности.

Статистически неровные поверхности. Случайные поля. Рассеяние на малых неровностях. Метод возмущений. Рассеяние на крупномасштабных неровностях. Приближение Кирхгофа. Рассеяние на движущейся поверхности, частотный спектр рассеянного поля. Двухмасштабная модель рассеяния.

Физические основы пассивного микроволнового зондирования поверхности Земли Микроволновое зондирование подстилающей поверхности. Критические резонансные явления в собственном излучении шероховатой поверхности.

Радиолокация морской поверхности

Эффективное сечение рассеяния. Удельная эффективная поверхность рассеяния моря. Экспериментальные данные по радиолокационному рассеянию на морской поверхности. Спектры коротких ветровых волн. Скаттерометрия. Формирование радиолокационного изображения морской поверхности радиолокаторами бокового обзора с реальной и синтезированной апертурами. Возможности радиолокаторов с синтезированной апертурой. Альтиметрия и ее применение. Возможности спутниковых альтиметров.

Проявления динамических процессов в океане и атмосфере в радиолокационных изображениях морской поверхности.

Радиолокационные образы внутренних волн. Радиолокационное зондирование длинных поверхностных волн, радиолокационная модуляционная передаточная функция. Радиолокационные образы переменных течений. Поверхностные пленки на радиолокационных изображениях.

Радиометрические методы диагностики океана.

Радиометрическая диагностика ветрового волнения. Дистанционное обнаружение нефтяных пленок на поверхности воды. Микроволновое зондирование земных ландшафтов, зондирование снежно-ледовых покровов, зондирование почвогрунтов и растительного покрова

Основы дистанционного пассивного микроволнового зондирования атмосферы

Физические основы пассивного зондирования. Особенности зондирования в микроволновом диапазоне длин волн. Возможности исследования термической структуры атмосферы. Зондирование озонового слоя Земли.

Принципы построения радиометрической аппаратуры микроволнового диапазона

Основные подходы к приему и спектральному анализу собственного излучения атмосферы и земной поверхности в микроволновом диапазоне. Блок-схема микроволнового спектрометрического приемника. Супергетеродинные приемники и приемники прямого усиления. Блок спектрального анализа. Методы и средства калибровки. Система автоматизации сбора и обработки данных.

Методы решения некорректных обратных задач восстановления характеристик атмосферы и подстилающей поверхности по данным микроволнового зондирования Способы решения. Методы регуляризации. Определение ошибки восстановления. Примеры.

Методы анализа геофизических временных рядов

Линейные методы декомпозиции данных. Нелинейные методы выделения главных мод.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Экспериментальная геофизика» являются занятия лекционного типа с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), проблемный метод изложения материала, диалоговая форма проведения занятий и самостоятельная работа аспиранта.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки ИПФ РАН, в компьютерном классе с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе аудиторных занятий по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), и уровня их сформированности

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

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

Для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме зачета. Зачет состоит из индивидуального собеседования и решения практических контрольных заданий. Критерии оценок выполнения задания:

Зачтено	В целом удовлетворительная подготовка, возможно с заметными, но не грубыми ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все теоретические вопросы собеседования, возможно с небольшими неточностями; допускаются негрубые ошибки при ответах на дополнительные вопросы. Полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей, возможно с не всегда полной обоснованностью выводов.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы преподавателя, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки.

6.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности профессиональных компетенций ПК-2, ПК-3:

1. Контактные методы и аппаратура для измерения характеристик водной толщи океана, а также измерений поверхностного волнения. Спектры коротких ветровых волн.
2. Контактные методы и приборы для измерений характеристик атмосферного пограничного слоя
3. Принципы масштабного лабораторного моделирования процессов в океане и атмосфере. Современные лабораторные установки.

4. Пассивные спутниковые методы и системы дистанционного зондирования океана в оптическом, инфракрасном и микроволновом диапазонах. Спектрорадиометры и гиперспектрометры.
5. Активные спутниковые методы зондирования океана. Альтиметры, скаттерометры, радиолокаторы СВЧ диапазона с реальной и синтезированной апертурой. Принципы определения характеристик приводного ветра и волнения.
6. Характеристики современных спутников дистанционного зондирования Земли.
7. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности (общая формулировка). Статистические характеристики шероховатой поверхности.
8. Основные теоретические модели рассеяния на неровной поверхности: модель квазизеркального (кирхгофовского) рассеяния, модель Брэгговского рассеяния, двухмасштабная модель.
9. Частотный спектр электромагнитного излучения, рассеянного на движущейся поверхности
10. Физические основы пассивного микроволнового зондирования подстилающей поверхности. Критические резонансные явления в собственном излучении шероховатой поверхности.
11. Эффективное сечение радиолокационного рассеяния. Удельная эффективная поверхность рассеяния моря. Экспериментальные данные по радиолокационному рассеянию на морской поверхности. Скаттерометрия.
12. Особенности формирования радиолокационного изображения морской поверхности радиолокаторами бокового обзора с реальной и синтезированной апертурами
13. Альтиметрия и ее применение, возможности спутниковых альтиметров.
14. Радиолокационные образы внутренних волн. Радиолокационная модуляционная передаточная функция. Радиолокационные образы переменных течений. Проявления поверхностных пленок на радиолокационных изображениях.
15. Радиометрическая диагностика ветрового волнения. Обнаружение нефтяных пленок на поверхности воды с использованием радиометров.
16. Пассивное микроволновое зондирование земной поверхности- снежно-ледовых покровов, почвогрунтов, растительного покрова
17. Физические основы пассивного микроволнового зондирования атмосферы. Возможности исследования термической структуры атмосферы. Зондирование озонового слоя Земли.
18. Принципы построения радиометрической аппаратуры микроволнового диапазона Прием и спектральный анализ собственного излучения атмосферы и земной поверхности в микроволновом диапазоне.
19. Микроволновый спектрорадиометр. Супергетеродинные приемники и приемники прямого усиления. Блок спектрального анализа. Методы и средства калибровки. Система автоматизации сбора и обработки данных.
20. Методы решения некорректных обратных задач восстановления характеристик атмосферы и подстилающей поверхности по данным микроволнового зондирования. Методы регуляризации. Определение ошибок восстановления.
21. Методы анализа геофизических временных рядов. Линейные методы декомпозиции данных. Нелинейные методы выделения главных мод.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- 1) Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно неоднородных средах, т.1, 2. Издательство: М.: Мир, 1981, с. 322. – 4 экз. <http://mexalib.com/view/5289>
- 2) Ермаков С.А. Влияние пленок на динамику гравитационно-капиллярных волн. Н. Новгород. ИПФ РАН. 2010. 164 с. – 3 экз.
- 3) Приповерхностный слой океана. Физические процессы и дистанционное зондирование. Н.Новгород: ИПФ РАН. 1999. 444с. – 2 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Монин А.С., Красицкий В.П. Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 375 с. – 1 экз. <http://oceanfromspace.scanex.ru/index.php/ocean>

- 2) Радиолокация поверхности Земли из космоса. (под ред Л.М. Митника, С.Викторова) Л. Гидрометеиздат. 1990. – 2 экз.
- 3) Булатов М.Г., Кравцов Ю.А., Лаврова О.Ю. и др. Физические механизмы формирования аэрокосмических радиолокационных изображений океана. УФН. 2003. Т.173. № 1. С. 69-87. <http://ufn.ru/ru/articles/2003/1/d/references.html>
- 4) Методы гидрофизических исследований. *Материалы I Всесоюзной школы (Солнечногорск, октябрь 1983г.)* [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/img/gi.pdf>
- 5) Методы гидрофизических исследований. Турбулентность и микроструктура. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/new/metgis90.pdf>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (подготовка кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле, направленность (специальность) – 25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы.

Автор _____ С.А. Ермаков

Ответственный за направление подготовки _____ Е.А. Мареев,
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Рецензент:

Зав. отделом физики атмосферы и
микроволновой диагностики _____ А.М. Фейгин, д.ф.-м.н., с.н.с.

Программа принята на заседании Ученого совета отделения геофизических исследований и
Центра гидроакустики ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОГИиЦГ _____ М.В. Шаталина

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-2: способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя знания фундаментальных разделов наук о Земле, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать основы электродинамики, гидродинамики, акустики и оптики	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь анализировать особенности распространения волн в однородных изотропных и анизотропных средах, результаты использования простейших моделей; делать оценки применительно к реальным физическим ситуациям	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть современными методами моделирования рассеяния радиоволн на морской поверхности, методами и средствами дистанционного зондирования океана; методами моделирования океанических процессов, ветрового волнения	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %

ПК-3: способность использовать специализированные знания в области физики атмосферы и гидросферы для решения научно-инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %