

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ

Рабочая программа дисциплины

СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

03.03.02 «Физика»

Направленность (профиль):

Физические исследования природных процессов

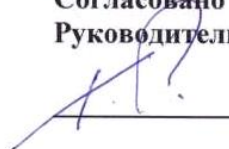
Уровень:

Бакалавр

Форма обучения

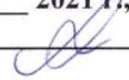
Очная

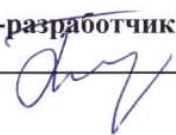
Согласовано
Руководитель ОПОП

 Бобровский А.П.

Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
19 мая 2021 г., протокол № 2

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры
11 мая 2021 г., протокол № 9
Зав. кафедрой  Кузнецов А.Д.

Автор-разработчик:
 Симакина Т.Е.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на ____/____
учебный год без изменений*

Протокол заседания кафедры ____ЭФА____ от ____ №__

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на ____/____
учебный год с изменениями (см. лист изменений)**

Протокол заседания кафедры _____ от __.__.20__ №__

*Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены
изменения

** Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены
изменения

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Системы формирования космических изображений» является формирование у студентов знаний основных принципов построения и функционирования современных и перспективных приборов для съемки земной поверхности, особенностей получаемой ими информации.

Задачи дисциплины «Системы формирования космических изображений» связаны с освоением студентами:

- теории современных, а также перспективных методов формирования спутниковой обзорной информации;
- теоретических принципов функционирования в оперативной практике цифровой съемочной аппаратуры;
- особенностей и различий космических изображений, полученных различной аппаратурой в разных участках электромагнитного спектра.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Системы формирования космических изображений» для направления подготовки 03.03.02 – Физика относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Механика», «Математический анализ», «Программирование», «Молекулярная физика» «Методы и средства гидрометеорологических измерений».

Дисциплина «Системы формирования космических изображений» является основой для освоения дисциплин: «Методы современного геофизического эксперимента», «Дистанционные методы исследования атмосферы и океана», «Теория переноса электромагнитного излучения в газах», «Радиационная экология» и др.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции ПК-2.

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции	Результаты обучения
ПК-2 Способен проводить научные изыскания в составе рабочей группы в области экспериментальных и теоретических исследований избранных физических объектов	ПК-2.1 Разрабатывает методики физических исследований избранных объектов с учетом принципов работы современной физической аппаратуры.	Знать: – характерные типы съемочных космических систем; – связь основных технических характеристик съемочной аппаратуры с параметрами космических изображений; Уметь: – вычислять технические параметры съемочной аппаратуры.
	ПК-2.2 Использует современную приборную базу для проведения	Знать: – физические процессы на земной поверхности и в

	исследований в области гидрометеорологии и экологии.	атмосфере, приводящие к особенностям изменений яркости спутниковых снимков. Уметь: - объяснить физический механизм, обуславливающий особенности яркости спутниковых снимков. Владеть: – навыками решения задач по идентификации различных гидрометеорологических и экологических явлений по спутниковым снимкам.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 2

Вид учебной дисциплины	Всего часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	7
Контактная работа обучающихся с преподавателем	84	
Лекции	56	
Лабораторные работы	0	
Практические занятия	28	
Самостоятельная работа всего:	60	
Вид итогового контроля – экзамен	Экзамен	
В том числе подготовка к сдаче экзамена	27	

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.	Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения
-------	--------------------------	---------	--	--------------------------------------	-------------------------	-----------------------

			Лекции	Практич.	Самост. работа			
1	Физические основы космического дистанционного зондирования	7	10	5	10	Тестирование в moodle, отчеты по практической работе студентов с анализом и обсуждением.	ПК-2	ПК-2.1
2	Принципы съемки земной поверхности из космоса	7	8	5	10	Тестирование в moodle, отчеты по практической работе студентов с обсуждением и анализом.	ПК-2	ПК-2.1,2.2
3	Современные пассивные космические средства формирования изображений	7	12	5	10	Письменный контроль (тестирование) в moodle, отчеты по практической работе студентов с анализом и обсуждением.	ПК-2	ПК-2.1,2.2
4	Космические съемочные системы сверхвысокого разрешения	7	10	5	10	Письменный контроль (тестирование) в moodle, отчеты по практической работе студентов с анализом и обсуждением.	ПК-2	ПК-2.1,2.2
5	Радарная космическая съемка		10	5	10	Письменный контроль (тестирование) в moodle	ПК-2	ПК-2.1,2.2
6	Использование многочастотной поляризационной съемки		4	2	5	Письменный контроль (тестирование) в moodle	ПК-2	ПК-2.1,2.2
7	Перспективы		2	1	5	Коллоквиум	ПК-2	ПК-2.1,2.2

	развития космических съёмочных систем						
	ИТОГО		56	28	60		
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена (27 часов)					144		

4.2. Содержание разделов дисциплины

Физические основы космического дистанционного зондирования

Основы теории электромагнитного излучения. Взаимодействие электромагнитного излучения с атмосферой и с поверхностью Земли. Классификации методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), съёмочных систем и спутниковых платформ. Особенности съёмки в оптическом и микроволновом диапазонах спектра. Виды космических снимков.

Оптические характеристики растительного покрова, почв, водоемов и других природных объектов.

Принципы съёмки земной поверхности из космоса

Характеристика орбит спутников. Оптическая схема космического аппарата на орбите. Основные технологии получения снимков. Режимы съёмки: объектовая, маршрутная, детальная. Режим записи и хранения информации, непосредственной передачи информации. Калибровка. Тестирование.

Технические параметры съёмочных систем. Разрешающая способность систем дистанционного зондирования, высота орбиты, ширина полосы захвата, функция передачи модуляции, количество и номиналы спектральных диапазонов, полоса обзора, отношение сигнал/шум и динамический диапазон, радиометрическая точность и др.

Основные направления применения данных ДЗЗ. Классы космических аппаратов в задачах народного хозяйства.

Современные пассивные космические средства формирования изображений

Оптико-механические сканеры. Оптико-электронные преобразователи (ОЭП). Микроволновые радиометры. Спектральные диапазоны наблюдения аппаратуры ДЗЗ.

Характеристики оптики (объектив и фокусное расстояние). Типы используемых фотоприемников (датчиков).

Особенности сканирования микроволновых (СВЧ) радиометров. Антенная система.

Космические съёмочные системы сверхвысокого разрешения

Принципы наблюдения оптико-электронного преобразователя. **Структурный состав ОЭП и принцип его работы** в панхроматическом и спектрально-зональном режиме. Характеристики современной оптико-электронной аппаратуры. Схема формирования полосы захвата и обзора.

Радарная космическая съёмка

Действующие и перспективные радиолокационные спутники. Геометрия съёмки для радарных систем. Общие принципы и технологии радарной съёмки. Типы конструкции радиолокационных систем: бокового обзора, с синтезированием апертуры антенны. Разрешение по наклонной дальности и азимуту. Эффекты, возникающие на радарных снимках, обусловленные геометрией съёмки и рельефом местности. Анализ влияния угла облучения и длины волны РЛС на отражающие характеристики местности. Радарная интерферометрия.

Использование многочастотной поляризационной съемки

Возможности многополяризационной и интерферометрической съемки. Параллельная поляризация, кроссполяризация. Поляризация передающей и приемной антенн. Использование ложноцветовых поляриметрических композитных изображений для классификации объектов подстилающей поверхности. Анализ РЛИ в поляризациях HH, VV, HV, VH.

Перспективы развития космических съемочных систем

Совмещение на одной платформе оптической и радиолокационной систем. Миниатюризация. Гиперспектральные *съемочные системы*. Лазерное сканирование.

Международное космическое право.

4.3. Практические занятия и их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1.	1	Решение задач с применением основных законов электромагнитного излучения	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
2.	1	Построение спектральных кривых природных объектов, расчет вегетационных индексов	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
3.	2	Расчет параметров орбиты метеорологического спутника	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
4.	3	Расчет параметров съемочной аппаратуры дистанционного зондирования Земли	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
5.	3	Расчет параметров фотоприемников. Расчет параметров дифракционных решеток	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
6.	3	Дешифрирование спутниковых снимков в различных диапазонах	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2
7.	4	Расчет критериев качества оптической системы оптико-электронного прибора	Практическая работа	ПК-2.1, ПК-2.2

Семинарских и лабораторных занятий учебным планом не предусмотрено.

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубления полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, лабораторным работам.

Самостоятельная работа предусматривает, как правило, выполнение вычислительных работ, графических заданий к лабораторным работам, подготовку к коллоквиуму.

При самостоятельной работе над разделами дисциплины, при подготовке к лабораторным работам, тестам, опросам и к промежуточному контролю студент должен изучить соответствующие разделы основной и вспомогательной литературы по дисциплине, а также использовать указанные в перечне интернет-ресурсы.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

6.1. Текущий контроль

- Тестирование в среде moodle.
- Беседа со студентами (коллоквиум) по пройденной теме.
- Прием и проверка отчета по каждой практической работе в виде компьютерной презентации с анализом и обсуждением.

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

а) Образцы тестовых заданий текущего контроля

1. Наклонение орбиты геостационарного спутника составляет

- а) 0° б) 90° в) 45° г) 120°

(Правильный ответ – а)

2. Пространственное разрешение сканирующего радиометра – это

- а) ширина территории обзора
б) ширина кадра
в) размер квадрата на местности, отображаемого одним пикселом
г) угол максимального отклонения оптической оси от направления в надир

(Правильный ответ – в)

Вопросы к коллоквиуму по теме №5 «Радарная космическая съемка»

1. Что такое радиолокационная съёмка
2. Длина и частота радиоволн при съёмке земной поверхности
3. Поляризация сигнала
4. Геометрия радиолокационной съёмки
5. Режимы обзора космических РСА
6. Режимы работы космических РСА

б). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов, эссе и докладов по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

в). Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен после 7-го семестра.**

Перечень вопросов к экзамену

1. История развития космических съемок Земли
2. Современные космические системы России, США и других стран
3. Виды орбит современных спутников
4. Основные типы спутников
5. Современные природно-ресурсные и метеорологические спутники
6. Физические основы и космических съемок
7. Общая схема получения и обработки спутниковой информации
8. Оптико-механический сканер: схема, принцип действия, особенности
9. Оптико-электронный сканер ан ПЗС: схема, принцип действия, особенности
10. Микроволновой радиометр: схема, принцип действия, особенности
11. Радиолокационная станция с синтезированием апертуры антенны
12. Особенности снимков видимого, БИК и ИК- диапазона
13. Особенности снимков в микроволновом диапазоне, полученные пассивным сканером
14. Характеристика радиолокационных изображений
15. Многозональные и гиперспектральные снимки
16. Многополяризационные радиолокационные изображения
17. Радиометры и спектрорадиометры
18. Особенности информации с геостационарных спутников
19. Особенности и информационные свойства снимков ИК-диапазона
20. Особенности и информационные свойства снимков видимого диапазона
21. Особенности и информационные свойства радиолокационных снимков
22. Виды разрешений съемочной аппаратуры
23. Пространственное разрешение съемочной аппаратуры
24. Временное разрешение съемочной аппаратуры
25. Спектральное разрешение съемочной аппаратуры
26. Радиометрическое разрешение съемочной аппаратуры
27. Получение космических стереоскопических снимков
28. Информативность спектральных каналов, используемых в дистанционном зондировании
29. Характеристика отражательной способности природных объектов
30. Калибровка съемочной аппаратуры

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 6.

Распределение баллов по видам учебной работы (4 семестр)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Тестирование в moodle после каждой лекции	0-5 за каждый тест
Коллоквиум Подробный ответ на все вопросы – 5 Ответ частичный или с ошибками – 1-4	0-5 за каждый опрос
Выполнение практической работы Задание не выполнено -0 Выполнено менее половины заданий -1-4	0-10 за каждое задание

Выполнено все, но с ошибками – 5-8	
Выполнено в полном объеме без значимых ошибок – 9-10	
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

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

Таблица 7.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене (7 семестр)

Оценка	Баллы
отлично	85-100
хорошо	65-84
удовлетворительно	40-64
Не удовлетворительно	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Средства формирования космических изображений».

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на формулировки основных дефиниций, законов, процессов, явлений. Подробно записывать математические выводы формул. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.
Внеаудиторная работа	Представляет собой вид занятий, которые каждый студент организует и планирует самостоятельно. Самостоятельная работа студентов включает: – самостоятельное изучение разделов дисциплины; выполнение вычислительных и графических заданий подготовку к практическим занятиям, решение индивидуальных задач; – выполнение дополнительных индивидуальных творческих заданий; – подготовку рефератов, сообщений и докладов.
Подготовка к экзамену	Экзамен имеет целью проверить и оценить уровень теоретических знаний, умение применять их к решению практических задач, а также степень овладения практическими умениями и навыками в объеме требований учебных программ. Подготовка к экзамену предполагает изучение конспектов лекций, рекомендуемой литературы и других источников, повторение материалов практических занятий К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Симакина Т.Е. Получение и обработка спутниковых снимков. Учебное пособие. Санкт-Петербург, РГГМУ, 2010.- 127 с.

2. Захаров А.И., Яковлев О.И., Смирнов В.М. Спутниковый мониторинг Земли: Радиолокационное зондирование поверхности. М.: КРАСАНД, 2012. — 248 с.
3. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие/ Е. Н. Сутырина.—Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013.—165с.
4. Дикинис А.В., Иванов А.Ю., Карлин Л.Н. Атлас аннотированных радиолокационных изображений морской поверхности, полученных космическим аппаратом Алмаз-1. – М: ГЕОС, 1999, 116 с.
5. Захаров А.И., Яковлев О.И., Смирнов В.М. Спутниковый мониторинг Земли: Радиолокационное зондирование поверхности. - М.: КРАСАНД, 2012. - 248 с.
6. Карвер К.Р., Элаши Ш., Улаби Ф.Т. Дистанционное зондирование из космоса в СВЧ-диапазоне // ТИИЭР: Пер. с англ., 1985, т.73, №6, с.30-56
7. Неронский Л.Б., Михайлов В.Ф., Брагин И.В. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны. Учебное пособие, эл. версия. СПб.: 1999. – 174 с.
8. Источники и приемники излучения/Г.Г.Ишанин, Э.Д.Панков, А.А.Андреев, Г.В.Польщиков. – СПб: Политехника, 1991. – 240с.

б) дополнительная литература:

1. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии: Пер. с нем. – М.: Мир, 1988. – 343 с.
2. Шовенгердт Р. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. Пер. с англ. Техносфера. – 2013. – 589 с.
3. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. - М.: Логос, 2001. - 264 с.
4. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии: Пер. с англ./Под ред. А. Крэнелла.- М.: Мир, 1984. - 535 с.
5. Дистанционное зондирование: количественный подход. / Под ред. Свейна Ф., Дейвиса Ш. - М.: Недра, 1983. - 415 с.

в) Интернет-ресурсы:

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. <http://www.vega.su/upload/iblock/551/5510dafa61b43b1e07a116b1afa4e8a7.pdf>
2. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-distancionnoe-zondirovanie-zemli-iz-kosmosa-cifrovaya-obrabotka-izobrazheniy-.pdf>
3. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование Земли. Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012 [Файл:141011 distancionnoezondirovanie.pdf](http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-distancionnoe-zondirovanie-zemli-iz-kosmosa-cifrovaya-obrabotka-izobrazheniy-.pdf)

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Физические основы космического дистанционного зондирования	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint, Excel
Принципы съемки земной поверхности из космоса	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint, Excel
Современные пассивные космические средства формирования изображений	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint, Excel
Космические съемочные системы сверхвысокого разрешения	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint
Радарная космическая съемка	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint
Использование многочастотной поляризационной съемки	Компьютерные презентации лекций и практических работ. Использование ПК, интернета	Пакет PowerPoint
Перспективы развития космических съемочных систем	Компьютерные презентации лекций	Пакет PowerPoint

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитории, оснащенные компьютерными проекционными установками для чтения лекций с презентациями.
2. Компьютеры, проекторы и экраны для чтения лекций с презентациями в малых аудиториях.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

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