

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Сибирская школа геонаук (119)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании ДОТ
Протокол №40 от 13 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

**«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ / PHYSICAL
FOUNDATIONS OF REMOTE SENSING»**

Направление: 09.03.02 Информационные системы и технологии

Информационные технологии в науках о Земле и окружающей среде / Information
Technologies in Earth and Environmental Sciences

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Гантимурова Светлана
Анатольевна
Дата подписания: 18.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ланько Анна
Викторовна
Дата подписания: 18.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Паршин
Александр Вадимович
Дата подписания: 18.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физические основы дистанционного зондирования / Physical Foundations of Remote Sensing» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ДК-1 Способность осуществлять деятельность, находящуюся за пределами основной профессиональной сферы	ДК-1.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ДК-1.2	Демонстрирует знание физических основ дистанционного зондирования Земли	Знать природу электромагнитного излучения, его спектральный состав и диапазоны, используемые в ДЗЗ; фундаментальные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана); механизмы взаимодействия ЭМИ с атмосферой (рассеяние, поглощение) и понятие «окон прозрачности»; типовые спектральные сигнатуры основных объектов земной поверхности (растительность, почва, вода, снег, городские объекты); физические принципы работы пассивных (оптические сканеры) и активных (лидары, радары SAR) систем ДЗ; физический смысл пространственного, спектрального, радиометрического и временного разрешения; формулы и физическое обоснование основных спектральных индексов (NDVI, EVI) и алгоритмов классификации. Уметь анализировать спектральные кривые объектов и

		интерпретировать их с точки зрения физических свойств поверхности; переводить сырые цифровые значения (DN) в физические величины (коэффициент яркости, температуру) с использованием калибровочных данных; отличать вклад атмосферы от сигнала подстилающей поверхности; интерпретировать радарные изображения с учетом зависимости обратного рассеяния от влажности, шероховатости и поляризации; рассчитывать и интерпретировать вегетационные и температурные индексы для оценки состояния природных объектов; сопоставлять данные разных сенсоров (оптических, тепловых, радарных) для комплексного физического анализа территории. Владеть навыками работы в специализированном ПО для обработки спутниковых данных (SNAP, QGIS, Google Earth Engine); навыками построения спектральных сигнатур, гистограмм и тематических карт (растительности, тепловых аномалий, увлажнения); навыками атмосферной и радиометрической коррекции спутниковых изображений; навыками решения обратных задач ДЗ (восстановление параметров поверхности по регистрируемому сигналу) на базовом уровне; навыками написания скриптов (Python) для автоматизированного расчета индексов и фильтрации данных;
--	--	--

		навыками критической оценки результатов ДЗ с учетом физических ограничений (насыщение индексов, атмосферные искажения, эффекты рельефа).
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физические основы дистанционного зондирования / Physical Foundations of Remote Sensing» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика / Physics», «Информатика / Computer Science»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Дистанционное зондирование Земли / Remote Sensing of the Earth»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	54	54
лекции	18	18
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	36	36
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	54	54
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в дистанционное зондирование	1	2			1	4	2	24	Оценка знаний по соответств ующей теме
2	Природа электромагнитног о излучения (ЭМИ)	2	2			2	4			Оценка знаний по соответств ующей

										теме
3	Законы излучения и взаимодействие с атмосферой	3	2							Оценка знаний по соответствующей теме
4	Взаимодействие ЭМИ с земной поверхностью	4	2							Оценка знаний по соответствующей теме
5	Пассивные оптико-электронные сенсоры	5	2							Оценка знаний по соответствующей теме
6	Активные системы: Лидары (LiDAR), Радары с синтезированной апертурой (SAR)	6	2			5	6			Оценка знаний по соответствующей теме
7	Предварительная обработка данных	7	2			3	4			Оценка знаний по соответствующей теме
8	Извлечение информации: индексы и классификация	8	2			4, 6	8			Оценка знаний по соответствующей теме
9	Прикладные задачи и современные тенденции	9	2			7	10	1	30	Оценка знаний по соответствующей теме
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		18				36		54	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в дистанционное зондирование	Определение и место ДЗ в системе наук о Земле. Краткая история развития методов: от аэрофотосъемки к космическим системам (Landsat, Sentinel, MODIS, NOAA). Роль ДЗ в решении задач экологического мониторинга, картографирования и управления природными ресурсами . Классификация методов ДЗ: пассивные и активные системы

2	Природа электромагнитного излучения (ЭМИ)	Волновая и корпускулярная теории света: основные характеристики (длина волны, частота, энергия фотона, связь через постоянную Планка) . Полный электромагнитный спектр. Диапазоны, используемые в ДЗ: видимый (ВИК), ближний инфракрасный (БИК), коротковолновый инфракрасный (КВИК), тепловой инфракрасный (ТИК), микроволновый (СВЧ) . Единицы измерения энергии в оптике и радиометрии.
3	Законы излучения и взаимодействие с атмосферой	Абсолютно черное тело. Законы Планка, Стефана-Больцмана и смещения Вина. Реальные тела: излучательная способность (эмиссионность). Разница между отраженным солнечным излучением и собственным тепловым излучением Земли. Механизмы взаимодействия ЭМИ с атмосферой: рэлеевское и аэрозольное рассеяние, поглощение газами (H_2O, CO_2, O_3). Как атмосфера искажает сигнал и зачем нужна атмосферная коррекция.
4	Взаимодействие ЭМИ с земной поверхностью	ри процесса: отражение, поглощение, пропускание. Понятие спектральной сигнатуры (кривой спектральной яркости) объекта. Базовые сигнатуры основных типов поверхностей: Зеленая растительность (эффект «красного края» и высокое отражение в БИК). Почвы и горные породы (зависимость от влажности и минерального состава). Вода, снег и лед (низкое отражение в ИК, высокое в видимом для снега). Понятие об альбедо и индикатрисе рассеяния (зеркальное vs диффузное отражение).
5	Пассивные оптико-электронные сенсоры	Устройство сканеров: поперечно-строчные (оптико-механические) и продольно-строчные (на базе ПЗС-линеек). Спектральное, радиометрическое и пространственное разрешение: физические

		ограничения и взаимосвязи. Мультиспектральные vs гиперспектральные системы. Что физически означает "спектральный канал". Обзор ключевых спутниковых платформ (Landsat, Sentinel-2, MODIS) и их орбит (геостационарная, солнечно-синхронная).
6	Активные системы: Лидары (LiDAR), Радары с синтезированной апертурой (SAR)	Физический принцип лазерной локации: измерение времени пролета импульса. Что регистрирует лидар: дискретные возвраты (эхо-импульсы) и полную форму волны. Физическая интерпретация данных: отраженный сигнал несет информацию о структуре объекта (высота крон, плотность полога, рельеф под лесом). Получение цифровых моделей рельефа (ЦМР) и поверхности (ЦМП). Принцип активной радиолокации. Зависимость обратного рассеяния от длины волны, поляризации, влажности и шероховатости поверхности (критерий Рэлея). Геометрия съемки: наклонная дальность, эффекты сжатия склонов и радиотени. Введение в интерферометрию (InSAR): использование разности фаз для измерения микро-смещений земной поверхности (оползни, оседания). Сравнительная физика: что видят оптические сенсоры, лидары и радары (дополнительность методов).
7	Предварительная обработка данных	Физические источники геометрических искажений (рельеф, кривизна Земли). Ортотрансформирование и геокодирование. Радиометрическая калибровка: перевод цифровых значений (DN) в физические величины (коэффициент яркости или температура). Атмосферная коррекция: зачем вычитать «дымку» и как это меняет спектральные сигнатуры объектов
8	Извлечение информации: индексы и классификация	Физический смысл вегетационных индексов (NDVI, EVI): использование контраста между ярким БИК и темным красным каналом как

		индикатора фотосинтетической активности. Водные и почвенные индексы (NDWI, Brightness Index). Основы тематической классификации: Контролируемая (алгоритмы максимального правдоподобия, опорных векторов). Неконтролируемая (K-means, ISODATA). Понятие о спектральном смешивании (микшировании пикселей) как физической проблеме субпиксельного разрешения.
9	Прикладные задачи и современные тенденции	Физический подход к решению прикладных задач: Оценка запасов биомассы и мониторинг засух (по вегетационным индексам и температуре поверхности). Обнаружение тепловых аномалий (пожары, вулканы) по ИК-каналам. Мониторинг загрязнений вод и эвтрофикации. Интеграция данных ДЗ с ГИС. Современные тренды: использование нейросетей для физически обоснованного восстановления параметров поверхности, облачные платформы (Google Earth Engine) и перспективы гиперспектральных миссий нового поколения.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Знакомство с данными ДЗ и их спектральными характеристиками	4
2	Построение и анализ спектральных сигнатур	4
3	Предварительная обработка данных (коррекция)	4
4	Расчет и интерпретация вегетационных индексов	4
5	Обработка данных лидара (LiDAR): структура рельефа и растительности	6

6	Контролируемая и неконтролируемая классификация	4
7	Комплексный анализ данных	10

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	30
2	Подготовка к зачёту	24

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Кейс-технология

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Лабораторная работа выполняется в компьютерном классе под руководством преподавателя либо самостоятельно с возможностью дистанционной консультации.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Изучение лекционных материалов (конспектирование, дополнение из литературы)
 Подготовка к лабораторным работам (ознакомление с заданием, скачивание данных)
 Выполнение расчётов и обработка данных (внеаудиторная часть)
 Оформление письменных отчётов
 Подготовка к устным защитам и презентациям
 Работа с научной литературой

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Оценка знаний по соответствующей теме

Описание процедуры.

Теоретические вопросы и практическое задание

Критерии оценивания.

«Отлично» — свободное владение физическими законами, корректные расчеты, глубокая интерпретация данных с учетом атмосферных и геометрических эффектов.

«Хорошо» — знание основных формул и определений, расчеты выполнены с незначительными погрешностями, интерпретация верна, но неполна.

«Удовлетворительно» — базовые понятия усвоены, задача решена частично, допущены

ошибки в определении спектральных диапазонов.

«Неудовлетворительно» — отсутствие ответа на теоретические вопросы, неспособность решить практическую задачу или грубые ошибки в физической интерпретации.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ДК-1.2	Демонстрирует соответствующие знания и навыки. Способен квалифицированно проектировать работы с применением данных ДЗЗ.	Проверка практических работ и ответы на вопросы по методике их выполнения

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Студенты допускаются к сдаче зачета по дисциплине при выполнении всех практических работ согласно рабочей программе дисциплины. На зачет студент должен явиться с зачетной книжкой. Зачет проводится по билетам в устной форме.

Пример задания:

Дайте определение дистанционного зондирования. Чем отличаются активные и пассивные системы ДЗ? Приведите примеры.

Опишите электромагнитный спектр. Какие диапазоны используются в ДЗ Земли и почему?

Что такое «окна прозрачности» атмосферы? Назовите основные газы-поглотители и диапазоны, в которых они активно поглощают излучение.

Сформулируйте закон смещения Вина. Как температура объекта влияет на длину волны максимума его собственного излучения?

В чем физическая разница между отраженным солнечным излучением и собственным тепловым излучением Земли? В каких диапазонах они доминируют?

Объясните механизмы рассеяния света в атмосфере: рэлеевское, миевское и неселективное. От чего зависит тип рассеяния?

Почему небо голубое, а закат красный? Дайте физическое обоснование с точки зрения рассеяния Рэлея.

Что такое абсолютно черное тело? Чем реальные природные объекты отличаются от него (понятие об излучательной способности)?

Какова физическая причина влияния водяного пара и углекислого газа на регистрацию сигнала из космоса?

Перечислите основные типы взаимодействия ЭМИ с объектами земной поверхности. Что такое спектральная сигнатура (кривая спектральной яркости)?

Опишите типичную спектральную кривую здоровой зеленой растительности. Что такое «красный край» (red edge) и какова его физическая природа?

Почему листья растений кажутся нам зелеными, а на снимках в ближнем ИК-диапазоне выглядят очень светлыми?

Как влажность почвы влияет на ее отражательную способность в видимом и ИК-диапазонах? Дайте физическое обоснование.

Опишите спектральные особенности чистой воды. Почему вода выглядит темной в ближнем ИК и тепловом диапазонах?

Чем объясняется высокое альбедо снега и льда? Почему снег «слепит» в видимом диапазоне?

В чем отличие зеркального (спекулярного) отражения от диффузного (ламбертовского)? Приведите примеры природных объектов для каждого типа.

Что такое альбедо и как оно связано с энергетическим балансом Земли?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Студент грамотно, последовательно, логически стройно и исчерпывающе излагает материал, при этом в его ответе тесно увязывается теория и практика; не испытывает затруднения с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний	Приемлемый ответ на теоретический вопрос не дан.

7 Основная учебная литература

1. Пластинин Л. А. Основы дистанционного зондирования и космического картографирования Земли : учебное пособие / Л. А. Пластинин, В. М. Плюснин, 2006. - 115.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-24517.pdf>

2. Журкин И. Г. Автоматизированная обработка данных дистанционного зондирования : учебник / И. Г. Журкин, Н. К. Шавенько, 2013. - 456.

[Сайт] – URL: <http://library.gorobr.ru/p?view=content=30197>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Шанда Эрвин. Физические основы дистанционного зондирования / Эрвин Шанда; Перевод с англ. И. А. Столярова, 1990. - 207.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.