



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Дисциплина «Процессы переноса радиации в атмосфере» включена в цикл общенаучных и общепрофессиональных дисциплин, которые читаются для студентов специальности 1-31 02 02 Гидрометеорология.

В дисциплине рассматриваются вопросы переноса атмосферной радиации, физические механизмы взаимодействия излучения с элементами воздушной среды, климатическая роль атмосферной радиации. Изучаются дистанционные методы зондирования атмосферы с использованием теории радиационного переноса. Представлено моделирование процесса переноса излучения в гидродинамических моделях прогноза погоды и изменения климата, которые основаны на информации и методах, разработанных в различных разделах физической оптики, теории переноса излучения и физики атмосферы. Рассматривается взаимодействие излучения с идеальной и реальной атмосферой, а также земной поверхностью.

При изучении дисциплины осуществляется теоретические и практическое ознакомление студентов с фундаментальными законами радиационного переноса в атмосфере и современными методами их количественного описания, которые используются в различных областях науки: при дистанционном зондировании атмосферы, в исследованиях климатической системы, в прогностических схемах.

Радиационным исследованиям принадлежит ключевая роль в решении вопросов современной метеорологии и климатологии. Это взаимодействие атмосферы и океана, в результате которого формируются энергоактивные зоны, приводящие к появлению аномалий теплового (прежде всего радиационного) баланса; взаимодействие радиации и облачности, которое обусловливает изменение общей циркуляции атмосферы и климата; антропогенные воздействия на климат, связанные с усилением парникового эффекта атмосферы в результате роста концентрации оптически активных газовых компонентов.

Дисциплина «Процессы переноса радиации в атмосфере» опирается на знания «Геофизики», «Метеорологии и климатологии», «Физической метеорологии», «Радиолокационной метеорологии».

*Цель дисциплины* – сформировать у будущих специалистов-гидрометеорологов целостное представление о распространении излучения в атмосфере Земли и возможностях использования его характеристик для исследовательских целей.

*Задачи дисциплины:*

- создать представление о составе и структуре атмосферы;

- сформировать представление о процессах переноса и преобразования радиационных потоков в атмосфере Земли;

- способствовать освоению методов дистанционного зондирования атмосферы, использующих характеристики радиационных потоков;

- развить представления о климатической динамике, обусловленной изменением газового состава атмосферы.

Выпускник должен:

знать:

– основы теории радиации;

– механизмы осуществления процессов преобразования радиационных потоков в атмосфере;

– технические средства получения информации о радиационных потоках;

– радиационные факторы изменения климата;

уметь:

– применять данные о радиационных потоках для установления характеристик атмосферного воздуха и подстилающей поверхности;

– характеризовать радиационный климат Земли.

Освоение учебной программы по дисциплине «Процессы переноса радиации в атмосфере» обеспечивает формирование указанных в образовательном стандарте академических и профессиональных компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

ПК-1. Определять проблемы в области гидрометеорологии и осуществлять постановку научных задач, представляющих как теоретический интерес, так и практическую значимость для рационального природопользования.

ПК-4. Формулировать из полученных результатов гидрометеорологических наблюдений корректные выводы и давать рекомендации по их практическому применению.

ПК-7. Составлять отчеты по научно-исследовательским работам, готовить научные доклады и статьи, сообщения, рефераты.

ПК-32. Пользоваться глобальными информационными метеорологическими ресурсами для решения задач природопользования.

ПК-34. Готовить научные и учебно-методические доклады, материалы к мультимедийным презентациям на основе анализа гидрометеорологической информации с использованием инновационных технологий, проектов и решений.

ПК-36. Знать современные проблемы природопользования, определять цели инновационной деятельности и способы их достижения.

Формирование компетенций происходит как во время аудиторных занятий, так и во время самостоятельной подготовки к ним.

Форма получения высшего образования – дневная, очная. Данная дисциплина относится к курсам по выбору, государственный компонент.

Дисциплина читается на четвертом курсе в седьмом семестре.

Общее количество часов на изучение учебной дисциплины  
«Процессы переноса радиации в атмосфере» по специальности  
1-31 02 02 Гидрометеорология – 116, из них аудиторные – 56 часов, в том числе лекции – 36 часов, практические (семинарские) занятия – 14 часов, УСР – 6 часов. Контроль знаний осуществляется в виде зачета.

**СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

**1. Основы теории радиации и солнечное излучение**

**1.1.Основы теории радиации**

Понятие «радиация», определения и единицы измерения. Излучение абсолютно черного тела. Формирование линий поглощения (излучения). Основные аспекты радиационного переноса.

**1.2. Солнце как источник энергии**

Особенности орбиты Земли вокруг Солнца. Спектр Солнца и солнечная постоянная. Определение солнечной постоянной. Распределение инсоляции за пределами атмосферы.

**2. Распространение излучения в атмосфере**

**2.1. Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере**

**2.1.1. Атмосфера как оптическая система**

Основные параметры атмосфер планет Солнечной системы. Состав и структура атмосферы Земли. Пространственная и временная изменчивость структурных параметров атмосферы. Газовый состав атмосферы. Атмосферный аэрозоль.

**2.1.2. Взаимодействие электромагнитных волн со средой**

Электромагнитные волны. Интенсивность и поток излучения. Характеристики взаимодействия излучения со средой. Уравнение переноса излучения. Поглощение в ультрафиолетовой области спектра. Фотохимические процессы и формирование озонового слоя. Поглощение в видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

**2.1.3. Следствия взаимодействия электромагнитных волн с атмосферой**

Расчет скоростей нагревания за счет поглощения солнечной радиации. Комплексный показатель преломления. Поляризация света. Параметры Стокса. Уравнение переноса излучения с учетом поляризации. Рэлеевское рассеяние. Облака и осадки как фактор рассеяния радиации.

**2.2. Молекулярное поглощение солнечной радиации в атмосфере,  
перенос инфракрасной радиации**

**2.2.1. Дифференцированное взаимодействие инфракрасного излучения  
с составляющими атмосферы**

Общая характеристика молекулярного поглощения в земной атмосфере. Различные типы молекулярного поглощения. Тепловой спектр инфракрасной радиации и ее перенос в атмосфере. Общие характеристики инфракрасных спектров поглощения атмосферных газов. Количественные характеристики молекулярного поглощения в атмосфере Земли.

**2.2.2. Перенос инфракрасной радиации в атмосфере**

Теория переноса инфракрасного излучения в плоскопараллельных атмосферах. Понятие функции пропускания. Модели полос для функций пропускания (пропусканий). Приближение Куртиса-Годсона для неоднородных атмосфер. Вычисление скоростей инфракрасного радиационного выхолаживания. Поток инфракрасной радиации в терминах закона Стефана-Больцмана и радиационные номограммы. Углекислый газ и климат.

**2.3. Рассеяние света частицами в атмосфере**

**2.3.1. Теоретические основы рассеяния света частицами атмосферы**

Уравнение Максвелла. Уравнение электромагнитной волны и его решение. формальное решение задачи рассеяния. Решение для поля в удаленных точках и параметры ослабления. Фазовая матрица рассеяния. Лучевая оптика. Рассеяние света несферическими ледяными кристаллами. Молекулярное рассеяние.

**2.3.2. Аэрозольное рассеяние солнечной радиации**

Рассеяние и поглощение на аэрозольных частицах. Аэрозольное рассеяние и поглощение в атмосфере. Рассеяние излучения с перераспределением по частоте. Атмосферная рефракция. Оптические явления в атмосфере.

**2.4. Основы теории многократного рассеяния   
в плоскопараллельных атмосферах**

**2.4.1. Принципиальные особенности многократного рассеяния  
в плоскопараллельных атмосферах**

Формулировка задачи рассеяния солнечного света в плоскопараллельных атмосферах. Приближения теории переноса излучения. Метод дискретных ординат в задачах переноса излучение. Принципы инвариантности. Учет отражения поверхностью.

**2.4.2. Расчет интенсивности многократного рассеяния  
в плоскопараллельных атмосферах**

Метод сложения при многократном рассеянии. Многократное рассеяние с учетом поляризации. Уравнение многократного рассеяния излучения ориентированными несферическими частицами. Уравнение для многократного рассеяния в трехмерном пространстве.

**3. Оптические свойства подстилающих поверхностей**

Основные особенности отражения излучения. Количественные характеристики отражения излучения (зеркальное отражение и реальные поверхности). Излучательные способности подстилающих поверхностей.

**4. Перенос собственного излучения атмосферы**

Перенос теплового излучения. Функции пропускания атмосферных газов. Методы получения функций пропускания. Приближенные методики теории переноса излучения. Потоки теплового излучения. Неравновесное инфракрасное излучение. Свечение атмосферы.

**5. Приложение теории переноса излучение  
к задачам дистанционного зондирования атмосферы**

**5.1. Теоретические основы дистанционного зондирования атмосферы**

Прямые и обратные задачи теории переноса излучения и атмосферной оптики. Рассеянный солнечный свет как источник информации при дистанционном зондировании.

**5.2. Пассивные методы дистанционного зондирования**

Дистанционные методы, использующие измерения собственного излучения. Инфракрасное зондирование со спутников. Спутниковое микроволновое зондирование. Дистанционные методы измерений, основанные на регистрации рассеянного и отраженного солнечного излучения.

**5.3. Активные дистанционные методы измерений**

Дистанционные методы измерений, основанные на регистрации ослабления (поглощения) излучения.

Оптическое зондирование атмосферы. Радиолокационное зондирование атмосферы.

**6. Радиационная климатология**

**6.1. Исследование радиационного баланса**

История исследований радиационного баланса системы Земля-атмосфера. Широкополосные радиационные наблюдения со спутников.

**6.2. Пространственное распределение радиационного баланса**

Радиационный баланс подстилающей поверхности. Радиационный баланс атмосферы. Радиационный баланс планеты. Радиационные факторы изменения климата. Исследование радиационного баланса по данным спутниковых наблюдений. Теоретические исследования радиационного баланса. Простые радиационные модели и модели климата.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер раздела, темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
| Лекции | Практи-ческие занятия | Семинар-  ские занятия | Лаборатор-ные занятия | Иное |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | **Процессы переноса радиации в атмосфере** | **36** | **8** | **6** |  |  | **6** | **Зачет** |
| 1 | Основы теории радиации и солнечное излучение | 4 |  |  |  |  |  | Письменная тестовая проверка знаний |
| 1.1 | Основы теории радиации | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 1.2 | Солнце как источник энергии | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2 | Распространение излучения в атмосфере | 18 | 6 |  |  |  |  | Письменная тестовая проверка знаний |
| 2.1 | Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере | 6 | 4 |  |  |  |  | Семинар, практическая проверка |
| 2.1.1 | Атмосфера как оптическая система | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.1.2 | Взаимодействие электромагнитных волн со средой | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.1.2.1 | Поглощение и перенос ультрафиолетовой радиации в атмосфере |  | 2 |  |  |  |  | Семинар |
| 2.1.3 | Следствия взаимодействия электромагнитных волн с атмосферой | 2 | 2 |  |  |  |  | Практическая проверка, устный опрос |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2.1.3.1 | Расчет скоростей нагревания за счет поглощения солнечной радиации |  | 2 |  |  |  |  | Практическая проверка |
| 2.2 | Молекулярное поглощение солнечной радиации в атмосфере,  перенос инфракрасной радиации | 4 | 2 |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.2.1 | Дифференцированное взаимодействие инфракрасного излучения  с составляющими атмосферы | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.2.2 | Перенос инфракрасной радиации в атмосфере | 2 | 2 |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.2.2.1 | Инфракрасное излучение и климат Земли |  | 2 |  |  |  |  | Семинар |
| 2.3 | Рассеяние света частицами в атмосфере | 4 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.3.1 | Теоретические основы рассеяния света частицами атмосферы | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.3.2 | Аэрозольное рассеяние солнечной радиации | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.4 | Основы теории многократного рассеяния  в плоскопараллельных атмосферах | 4 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 2.4.1 | Принципиальные особенности многократного рассеяния  в плоскопараллельных атмосферах | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2.4.2 | Расчет интенсивности многократного рассеяния  в плоскопараллельных атмосферах | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 3 | Оптические свойства подстилающих поверхностей | 2 | 2 |  |  |  |  | Устный опрос |
| 3.1 | Поглощение и отражение излучения реальными поверхностями |  | 2 |  |  |  |  | Практическая проверка |
| 4 | Перенос собственного излучения атмосферы | 2 | 2 |  |  |  |  | Устный опрос |
| 4.1 | Собственное излучение атмосферы. Эффективное излучение |  | 2 |  |  |  |  | Семинар |
| 5 | Приложение теории переноса излучение  к задачам дистанционного зондирования атмосферы | 6 | 2 |  |  |  |  | Устный опрос |
| 5.1 | Теоретические основы дистанционного зондирования атмосферы | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 5.2 | Пассивные методы дистанционного зондирования | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 5.3 | Активные дистанционные методы измерений | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 5.4 | Анализ спутниковых снимков и радиолокационных карт |  |  |  |  |  | 4 | Практическая проверка |
| 5.5 | Дистанционное зондирование атмосферы и земной поверхности |  | 2 |  |  |  |  | Семинар |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6 | Радиационная климатология | 4 | 2 |  |  |  | 2 | Устный опрос |
| 6.1 | Исследование радиационного баланса | 2 |  |  |  |  |  | Устный опрос |
| 6.2 | Пространственное распределение радиационного баланса | 2 | 2 |  |  |  | 2 | Практическая проверка, устный опрос |
| 6.2.1 | Простые радиационные модели и модели климата. |  | 2 |  |  |  |  | Практическая проверка |
| 6.2.2 | Расчет радиационного баланса |  |  |  |  |  | 2 | Практическая проверка |

**ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Литература**

|  |  |
| --- | --- |
| **Основная** | |
|  | Васильев, А. В. Дистанционное зондирование окружающей среды из космоса/ А. В. Васильев, А. Д. Кузнецов, И. Н. Мельникова. – Санкт-Петербург: Балт. гос. техн. ун-т, 2008. |
|  | Тимофеев, Ю. М. Теоретические основы атмосферной оптики/ Ю. М. Тимофеев, А. В. Васильев. – Санкт-Петербург: «Наука», 2003. |
|  | Сушкевич, Т. А. «Математические модели переноса излучения»/ Т. А. Сушкевич. – Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. |
|  | Тарасов, Л. В. Атмосфера нашей планеты. – М.: Физматлит, 2012. |
| **Дополнительная** | |
|  | Валькович, Т. В. Аэрология/ Т. В. Валькович. – Минск: БГУ, 2011. |
|  | Ермаков, Б. И. Системы зондирования атмосферы/ Б. И. Ермаков. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977. |
|  | Зайцева, Н. А. Аэрология/ Н. А. Зайцева. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. |
|  | Калиновский, А. Б. Аэрология. Часть I. Методы аэрологических измерений/ А. Б. Калиновский, Н. З. Пинус. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1961. |
|  | Ленобль, Ж. Перенос радиации в рассеивающих и поглощающих атмосферах/ Под редакцией Жаклин Ленобль. Перевод с английского канд. физ.-мат. наук Ж. К. Золотовой. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. |
|  | Лиоу, К. Н., Основы радиационных процессов в атмосфере/ К. Н. Лиоу. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. |
|  | Матвеев, Л. Т. Курс общей метеорологии/ Л. Т. Матвеев. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. |
|  | Озонный щит Земли и его изменения/ Э. Л. Александров [и др.]. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1992. |
|  | Павлов, Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности: Учебн./ Н. Ф. Павлов. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1980. |
|  | Пинус, Н. З. Аэрология. Часть II. Физика свободной атмосферы/ Н. З. Пинус, С. М. Шметер. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. |
|  | Практикум по аэрологии и радиометеорологии/ В. М. Киселев [и др.]. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. |
|  | Сонечкин, Д. М. Метеорологическое дешифрирование космических снимков Земли/ Д. М. Сонечкин. – Труды Гидрометцентра СССР, 1972. |
|  | Хргиан, А. Х. Физика атмосферы/ А. Х. Хргиан. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978. |

**Перечень используемых средств диагностики**

Для диагностики знаний студентов рекомендуется использовать следующие средства и формы контроля:

– устный опрос;

– семинар;

– письменная тестовая проверка знаний;

– практическая проверка (применение знаний на практике);

– индивидуальные беседы и консультации с преподавателем;

– зачет.

**Примерный перечень заданий УСР**

**Тема: Анализ спутниковых снимков и радиолокационных карт (4 часа)**

Задание 1. Выполнить территориальную привязку спутниковых снимков.

Задание 2. Выделить на снимках области с различной интенсивностью излучения.

Задание 3. Определить положение синоптических объектов на спутниковых снимках и радиолокационных картах.

Задание 4. Описать синоптическое положение территории.

**Тема: Расчет радиационного баланса (2 часа)**

Задание 1. Вычислить радиационный баланс постилающей поверхности.

Задание 2. Определить радиационный баланс атмосферы.

Задание 3. Рассчитать радиационный баланс планеты.

Задание 4. Определить составляющие радиационного баланса по данным спутниковых наблюдений.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название  Кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
| 1. Метеорология и климатология | Общего землеведения и гидрометеорологии | нет | Изменений  не требуется  Протокол № 7  от 23.02.2016 г. |
| 2. Методы дистанционных исследований в гидрометеорологии | Общего землеведения и гидрометеорологии | нет | Изменений  не требуется  Протокол № 7  от 23.02.2016 г. |
| 3. Радиолокационная метеорология | Общего землеведения и гидрометеорологии | нет | Изменений  не требуется  Протокол № 7  от 23.02.2016 г. |
| 4. Физическая метеорология | Общего землеведения и гидрометеорологии | нет | Изменений  не требуется  Протокол № 7  от 23.02.2016 г. |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**

**на \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ учебный год**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Дополнения и изменения | Основание |
|  |  |  |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

общего землеведения и гидрометеорологии БГУ

(протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 201 г.)

Заведующий кафедрой

д. г. н., профессор\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ П. С. Лопух\_\_\_\_

(степень, звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д. г. н., доцент\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д. Л. Иванов\_\_\_

(степень, звание) (подпись) (И.О.Фамилия)