

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

Рабочая программа по дисциплине

**АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.04 Гидрометеорология**

Направленность (профиль):

**Метеорология**

Квалификация:

**Бакалавр**

Форма обучения


**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Гидрометеорология»

  
Абанников В.Н.

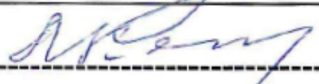
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета РГГМУ  
« 19 » мач 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры МКОА  
« 12 » мач 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Сероухова О.С.

Авторы-разработчики:

 Михайловский Ю.П.

  
Кашлева Л.В.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Атмосферное электричество» - подготовка бакалавров гидрометеорологии, обучающихся по профилю «метеорология», владеющих знаниями в объеме, необходимом для понимания современных представлений об основных закономерностях развития электрических процессов в атмосфере и облаках и о связях этих процессов с другими. Бакалавр должен знать средства и методы контроля электрических характеристик атмосферы и облаков, должен быть в курсе последних результатов исследований электрических процессов в атмосфере и облаках и актуальных проблем в этой области.

Основные задачи дисциплины «Атмосферное электричество» связаны с освоением студентами:

-- основ теории атмосферно - электрических процессов в облаках и атмосфере в целом;

-- основными закономерностями пространственно- временных изменений атмосферно- электрических параметров и их связями с другими характеристиками облаков и атмосферы;

– теории современных, а также перспективных методов измерений параметров атмосферного электричества.

Дисциплина «Атмосферное электричество» является вариативной и изучается студентами, обучающимися по программе подготовки бакалавра на метеорологическом факультете.

### Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Атмосферное электричество» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология (профиль – метеорология) относится к дисциплинам вариативной части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Геофизика», «Информатика», «Химия».

Параллельно с дисциплиной «Атмосферное электричество» изучаются «Методы зондирования окружающей среды», «Физика облаков», «Метеорология и климатология», «Синоптическая метеорология».

Дисциплина «Атмосферное электричество» является базовой для освоения дисциплин «Космическая метеорология», «Метеорологическое обеспечение полётов», «Авиационная метеорология».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенции выпускников **ПК-2.1**.

Таблица 1 - Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
---	---	---------------------

<p>ПК – 2 Способен анализировать явления и процессы природной среды, выявлять их закономерности</p>	<p>ПК-2. Осуществляет анализ явлений и процессов, происходящих в природной среде, на основе данных наблюдений, экспериментальных и модельных данных</p>	<p><b>Знать:</b> – основные закономерности пространственно- временных изменений атмосферно - электрических параметров;  – теории современных методов измерений параметров атмосферного электричества;  - закономерности развития электрических процессов в облаках и атмосфере в целом;  - факторы определяют ионизированное состояние и электрические поля атмосферы,  - каким образом происходит разделение зарядов в атмосфере,  - какие процессы приводят к возникновению разрядов молний,  - как действует глобальная атмосферно-электрическая цепь,  – физические основы функционирования измерительной техники для контроля атмосферно-электрических параметров, основные физические величины, характеризующие эффективность её функционирования.  <b>Уметь:</b> - проводить расчеты электрических характеристик облаков и атмосферы;  - анализировать полученные результаты с применением теоретических знаний,  - выполнять инженерные расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств.  <b>Владеть:</b> – методикой атмосферно-электрических измерений на основных приборах, применяемых на метеорологических станциях России;  – методикой расчета основных атмосферно-электрических параметров по данным измерений;  – методикой определения основных приборных параметров.</p>
---	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

Таблица 2. - Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>
в том числе:	
лекции	<b>14</b>
практические занятия	<b>28</b>

<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет)</b>	<b>зачет</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

Таблица 3. - Структура дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Разделы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	практические	СРС			
1	Физические поля Земли, электрическое поле, параметры электрического поля	6	1	2	4	Вопросы на лекции, опрос перед практической работой, решение задач с оценкой.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1
2	Ионизационное состояние атмосферы. Источники ионизации, рекомбинация ионов, характеристики ионизационного состояния. Измерение электрической проводимости.	6	2	2	14	Вопросы на лекции, опрос перед практической работой, решение задач с оценкой.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1
3	Электрическое поле в атмосфере, пространственно-временные вариации напряженности и потенциала, уравнение Пуассона,	6	2	8	16	Вопросы на лекции, опрос перед практической работой, решение задач с оценкой.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1

	унитарная вариация E, методы и приборы для измерения напряженности и потенциала.							
4	Электричество облаков, механизмы микро- и макроэлектризации, организованная электризация, необходимые и достаточные условия электризации. Молнии, условия образования, виды и стадии молний, параметры. Методы грозопеленгации.	6	6	10	20	Вопросы на лекции, опрос перед практической работой, решение задач с оценкой.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1
5	Глобальная атмосферно-электрическая цепь, токи ГАЭЦ, баланс токов, экспериментальные наблюдения.	6	2	4	12	Вопросы на лекции, опрос перед практической работой, решение задач с оценкой.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1
6	Ионосфера, магнитосфера, основные понятия.	6	1	2	12	Вопросы на лекции.	<b>ПК-2</b>	ПК-2.1
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>			
<b>С учетом трудозатрат на подготовку и сдачу зачета</b>							<b>108</b>	

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Физические поля Земли, электрическое поле, параметры электрического поля.

Физические поля Земли, электрическое поле, параметры электрического поля.

## **2 Ионизационное состояние атмосферы**

Основные понятия. Ионы в атмосфере: легкие ионы и их природа, средние и тяжелые ионы. Подвижность ионов. Проводимость атмосферы. Процессы, ведущие к ионизации. Ионизация, вызванная радиоактивностью; ионизация, вызванная космическими лучами. Исчезновение ионов. Условия ионного равновесия. Концентрация ионов и проводимость атмосферы по данным наблюдений. Источники ионизации, рекомбинация ионов, характеристики ионизационного состояния. Измерение электрической проводимости.

## **3. Электрическое поле в атмосфере**

Основные соотношения. Суточный ход напряженности электрического поля. Унитарная вариация. Локальные эффекты. Годовой ход напряженности электрического поля. Связь между напряженностью электрического поля и другими атмосферно-электрическими и метеорологическими характеристиками. уравнение Пуассона, унитарная вариация  $E$ , методы и приборы для измерения напряженности и потенциала электрического поля атмосферы.

## **4. Электричество облаков**

Электрические характеристики облаков различных форм. Широтная и сезонная зависимость электрической активности облаков.

Механизмы электризации облачных элементов (механизмы микроэлектризации). Лабораторное моделирование процессов электризации облачных частиц. Ионная электризация частиц. Электризация облачных гидрометеоров, происходящая при их взаимодействии. Коагуляционный рост и заряджение облачных частиц.

Организованная макроэлектризация облака: определение, условие устойчивой поляризации облака и гидродинамической устойчивости облаков.

Электричество слоистообразных облаков. Поражение самолетов молнией при полете в облаках слоистых форм.

Электричество конвективных облаков. Трансформация различных видов энергии в атмосфере, протекающая при возникновении грозовых облаков. Строение и фазы жизни грозового облака. Заряды и электрические поля грозовых облаков. Молнии. Виды молний. Линейная молния Характеристики грозовой деятельности, используемые в молниезащите. Шаровая молния. Феноменологическая модель шаровой молнии. Разряды в средней атмосфере.

Распределение грозовой деятельности по земной поверхности. Мировые грозовые очаги. Зимние и летние грозы.

Атмосферика. Практическое использование данных об атмосфериках. Грозопеленгационная сеть.

## **5. Глобальная атмосферно-электрическая цепь**

Слой выравнивания. Разность потенциалов между слоем выравнивания и землей. Условие квазистационарности электрического состояния атмосферы. Использование закона Ома для расчета тока проводимости Земля-атмосфера в условиях хорошей погоды.

Электрические токи в атмосфере. Токи с острий (тихие разряды). Методы проведения наблюдений над токами с острия. Методы численной оценки токов с острий.

Токи осадков. Величина и знаки зарядов осадков, выпадающих на землю. Токи грозовых разрядов. Полный заряд, переносимый на молниями. Оценка средней плотности тока молний облако-земля. Горизонтальные токи.

Баланс электрических токов в атмосфере.

## 6. Ионосфера, магнитосфера, основные понятия

Образование ионизированного слоя. Распределение электронной концентраций по высоте. Распространение электромагнитных волн в ионосфере. Методы исследования ионосферы. Строение ионосферы.

### 4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. - Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Всего часов
1	Физические поля Земли, электрическое поле, параметры электрического поля. Решение задач	2
2	Ионизационное состояние атмосферы. Решение задач	6
3	Электрическое поле в атмосфере	4
4	Электричество облаков Решение задач	12
5	Глобальная атмосферно-электрическая цепь. Решение задач	2
6	Ионосфера, магнитосфера, основные понятия Решение задач	2

#### 6.1. Текущий контроль

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

#### 6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

Форма проведения зачета - по билетам

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Физика облаков»:

ПК-2.1

1. Основные физические поля Земли. Характеристики и параметры физ. полей Земли.
2. Электропроводность атмосферы. Как была обнаружена, чем обусловлена. Виды ионов, их заряды и размеры.
3. Характеристики ионов. От чего зависит подвижность ионов? Как связаны электропроводность, концентрация и подвижность ионов?
4. Основные ионизаторы воздуха в условиях «хорошей погоды». Пространственно-временная изменчивость интенсивности ионизации.
5. Процессы, участвующие в установлении ионного равновесия в атмосфере. Условия

- ионного равновесия. Характерные значения концентраций ионов и электрических проводимостей в различных условиях.
6. Принцип измерения электропроводности воздуха и концентрации ионов. Особенности самолетных измерений.
  7. Потенциал и напряженность электрического поля Земли и атмосферы.
  8. Уравнение Пуассона, его физический смысл. Оценка заряда Земли.
  9. Пространственно- временное распределение  $E$ . Унитарная вариация  $E$ . Редукционный множитель.
  10. Приборы для измерения электрического поля.
  11. Особенности измерений  $E$  в атмосфере с помощью самолета. Измерение  $E$  в облаках и аэрозолях.
  12. Основные механизмы микроэлектризации конвективных облаков.
  13. Необходимые и достаточные условия начала организованной электризации К.О. по экспериментальным самолетным данным.
  14. Типичная электрическая структура электризованного облака и ее эволюция во времени.
  15. Характеристики электрического состояния конвективного облака и их связи с другими, контролировавшимися в экспериментах (Нвг, Твг, отражаемость, толщина переохлажденной части, сумма отражаемости и др.)
  16. Условия перехода КО в грозовую стадию. Разновидности молний. Полярность молнии.
  17. Стадии развития молний. Особенности развития положительных, восходящих и горизонтальных молний
  18. Климатология гроз, переносимый заряд, основные очаги.
  19. Шаровые молнии, молнии «облако – ионосфера».
  20. Глобальная электрическая цепь, ее параметры. «Слой выравнивания», его потенциал.
  21. Основные токи, отвечающие за баланс токов в ГЭЦ, принципы их измерения, характерные значения для Кэмбриджа.
  22. Ионосфера, источники ионизации, слои, электронная концентрация. Почему необходимо изучать?
  23. Теория «простого слоя», распространение электромагнитных волн в ионосфере.
  24. Методы пеленгации молний. Методы местоопределения МР при однопунктных наблюдениях.  
Методы местоопределения МР при многопунктных и космических наблюдениях.

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 6. - Распределение баллов по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	10
Практические задания, решение задач по темам	20
Индивидуальные задания по темам	20
Промежуточная аттестация, зачет	50
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>

Таблица 7 - Распределение дополнительных баллов

<b>Дополнительные баллы</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	<b>Баллы</b>
Участие в конференции	5
<b>ИТОГО</b>	<b>5</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации



составляет 35 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 9 - Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	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 «Физика облаков».

#### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

##### а) основная литература:

1. Кашлева Л.В., Михайловский Ю.П. Атмосферное электричество. С.-П., изд. РГГМУ, 2019 г. – 226 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-515133723.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-515133723.pdf)

##### б) дополнительная литература:

1. Михайловский Ю.П., Кашлева Л.В. Методика и результаты исследований электризации конвективных облаков с помощью самолетов. Сборник трудов «Радиолокационная метеорология и активные воздействия», ГГО, С-Пб., 2012, стр.98-114.
2. Тверской П.Н. Курс метеорологии (физика атмосферы). Атмосферное электричество. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 698 с.
3. Чалмерс Дж. Л. Атмосферное электричество. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. -420 с.
4. Базелян Э.М., Ю.П. Райзер. Физика молнии и молниезащиты. -М.: Физматлит, 2001. – 222 с.
5. Имянитов И.М., Чубарина Е.В., Шварц Я.М. Электричество облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 93 с.
6. Мучник В.М. Физика грозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 351 с.
7. Имянитов И.М. Электризация конвективных облаков. – Метеорология и гидрология. 1982 №3, с.
8. Earle R. Williams. The Tripole Structure of Thunderstorms. Journal of Geophysical Research, v 94, NoD11, p. 113151-13167.
9. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерполяции метеорологических данных. - Л.: Гидрометеиздат, 1976, 359с.
10. Rakov.V.A., Uman M.A. Lightning/ Cambridge Univercity Press, 2003.
11. Мазин И.П., Шметер С.М. 1983. Облака: строение и физика образования. – Л.: Гидрометеиздат. – 278 с.
12. Михайловский Ю.П. Эмпирическая модель электрически активных конвективных облаков и возможности ее использования для тестирования численной модели // Труды НИЦ ДЗА. 2002. №4 (552). С. 66 -75.

##### в) рекомендуемые интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеОнлайн (учебники, учебные пособия, монографии, статьи по гидрометеорологии) <http://elib.rshu.ru/> -
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru/>
3. Электронная библиотека РФФИ <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> -
4. Электронный ресурс - [научное издательство Springer](http://www.springer.com) (материалы по

- геофизическим, экологическим географическим направлениям научных исследований, по общественным, социальным, гуманитарным наукам и информационным технологиям) <http://www.springer.com/>
5. Электронный ресурс - Annual Reviews - американское некоммерческое академическое издательство (книги и около 40 серий журналов и ежегодников, публикующих крупные обзорные статьи по естественным и социальным наукам). <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1391849/browse?type=source>
  6. Электронный ресурс- Издательство Кембриджского университета (предоставляет академические некоммерческие электронные ресурсы для научных исследований) <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/905824/browse?type=source>
  7. Электронный ресурс Издательство Оксфордского университета Oxford University Press предоставляет электронный архив научной периодики (в базе данных представлены журналы по различным отраслям знания, сгруппированные по 27 предметным рубрикам). <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1417890/browse?type=source->
  8. Электронный ресурс- Nature — один из самых старых и авторитетных общенаучных журналов. Публикует оригинальные исследования, посвященные широкому спектру вопросов естественных наук. <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1947637/browse?type=source>
  9. Электронный ресурс- SAGE Journals Online — архив научных журналов издательства SAGE Publications. Компания SAGE Publications является одним из ведущих международных издательств журналов, книг и электронных средств массовой информации для научных, образовательных и профессиональных сообществ. Компания издает более 600 журналов в области естествознания, гуманитарных и социальных наук, техники и медицины. <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/2757634/browse?type=source>
  10. Электронный ресурс- Taylor & Francis Group — международное книжное издательство со штаб-квартирой в Великобритании (специализируется на публикации академической литературы и научных журналов). <http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1563997/browse?type=source>
  11. Электронный ресурс Приборы для метеорологических измерений, выпускаемые формой Vaisala -<http://www.vaisala.ru/ru/defense/products/>  
<http://www.vaisala.ru/ru/defense/products/weatherinstruments/Pages/WA15.aspx>
  12. Электронный ресурс Погода по всему земному шару в реальном времени - <http://earth.nullschool.net/>
  13. Электронный ресурс Погода в Европе Карты погоды и фотографии с ИСЗ в реальном времени - <http://www.wetterzentrale.wetterzentrale.de/>

#### 8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;
3. База данных Web of Science
4. База данных Scopus

#### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов лекционных, практических занятий и самостоятельной работы бакалавров.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована

специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, презентационной переносной техникой.

Учебная аудитория для проведения занятий практического типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, презентационной переносной техникой.

Учебная аудитория для проведения ознакомительных занятий о проведении Метеорологических наблюдений – аудитория 105 (Учебная Метеостанция)

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

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