

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**Современные модели исследования атмосферы**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы магистратуры по направлению  
подготовки

**05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Моделирование атмосферных процессов**

Уровень:  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Моделирование атмосферных  
процессов»

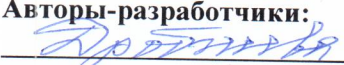
  
Анискина О.Г.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
19 апреля 2021 г., протокол № 8

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
04 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:  
 Дробжева Я.В.

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины – подготовка магистрантов, владеющих теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для исследования атмосферных процессов с использованием современных моделей.

#### **Задачи:**

- формирование комплексных знаний о средней и верхней нейтральной атмосфере, ионосфере и магнитном поле Земли.
- приобретение навыков работы с базами фактических данных, разработка и использование компьютерных программ для их форматирования в соответствии с модельными.
- приобретение навыков работы с современными моделями атмосферы, ветра, ионосферы и магнитного поля Земли и организации экспериментов по их верификации.
- освоение алгоритмов верификации модельных данных, разработка и использование компьютерных программ для оценки ошибок модельных расчетов на основе фактических данных.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Современные модели исследования атмосферы» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль «Моделирование атмосферных процессов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, в 1 семестре.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Введение в химию атмосферы», «Физика атмосферы», «Физическая метеорология», «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Методы работы с метеорологическими базами данных», «Методы зондирования окружающей среды», «Компьютерные технологии в метеорологических исследованиях», изучаемых по программе подготовки бакалавра.

Параллельно с дисциплиной «Современные модели исследования атмосферы» изучается дисциплина и лабораторные работы «Моделирование природных процессов в атмосфере», а также дисциплина и практические занятия «Специальные главы физики атмосферы».

Дисциплина «Современные модели исследования атмосферы», является базовой для проведения научно-исследовательской работы, преддипломной практики.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ПК-3

Профессиональные компетенции

Таблица 1.

<b>Код и наименование профессиональной компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>ПК-3</b> Способен организовывать и осуществлять численные эксперименты, оформлять и представлять результаты	<b>ПК-3.2</b> Проводит численные эксперименты, анализирует их результаты.	<i>Знать:</i> – физические и химические основы атмосферных процессов, основы динамики атмосферы; – околоземное космическое пространство; – ионосфера, возмущения ионосферы;

<p>моделирования</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– магнитосфера, геомагнитное поле;</li> <li>– принципы разработки международной модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00 и алгоритм расчета;</li> <li>– принципы разработки международной модели горизонтального ветра HWM-2014 и алгоритм расчета;</li> <li>– принципы разработки международной модели ионосферы IRI-2012 и алгоритм расчета;</li> <li>– принципы разработки международной модели геомагнитного поля IGRF-13 и алгоритм расчета.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать вариации параметров атмосферы, используя международную модель нейтральной атмосферы NRLMSISE-00;</li> <li>– рассчитывать вариации скорости и направления ветра по международной модели горизонтального ветра HWM-2014;</li> <li>– рассчитывать вариации параметров ионосферы, используя международную модель IRI-2012;</li> <li>– рассчитывать магнитное поле Земли и его вариации, используя международную модель геомагнитного поля IGRF-13;</li> <li>– интерпретировать полученные модельные результаты.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой работы с моделями нейтральной атмосферы и горизонтального ветра;</li> <li>– методикой работы с моделями ионосферы и геомагнитного поля.</li> </ul>
----------------------	--	--

	<p>ПК-3.3. Организует эксперименты по верификации, управляет результатами</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– международные базы фактических данных и алгоритм работы с ними;</li> <li>– алгоритм оценки ошибок модельных расчетов;</li> <li>– язык программирования FORTRAN.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– работать с международными базами фактических данных;</li> <li>– разрабатывать компьютерную программу для приведения фактических данных к формату модельных;</li> <li>– разрабатывать компьютерную программу для расчета ошибок модельных результатов;</li> <li>– интерпретировать полученные результаты на основе теоретических и практических знаний.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой верификации модельных данных на основе фактических;</li> <li>– навыками программирования на языке FORTRAN.</li> </ul>
--	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Таблица 2.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
	2021 года набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>
в том числе:	

лекции	<b>28</b>
практические занятия	<b>28</b>
семинарские занятия	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) –</b> всего:	<b>88</b>
в том числе:	
курсовая работа	-
контрольная работа	-
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Околосферное космическое пространство: общие сведения	1	10	10	30	Вопросы по практическим заданиям	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
2	Современные модели исследования нейтральной атмосферы и горизонтального ветра	1	8	8	28	Вопросы по практическим заданиям. Отчет.	ПК-3	ПК-3.3
3	Современные модели исследования ионосферы и геомагнитного поля	1	10	10	30	Вопросы по практическим заданиям. Отчет.	ПК-3	ПК-3.3
<b>ИТОГО</b>		-	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>88</b>	-	-	-

### 4.3. Содержание разделов / тем дисциплины

#### 4.3.1. Околосземное космическое пространство: общие сведения

Стратификация атмосферы. Вариации температуры, плотности, давления и состава верхней атмосферы, зависимость от различных геофизических факторов. Основные положения о динамических процессах в атмосфере: ветер, волны, турбулентность. Околосземное космическое пространство: современное состояние, научная и практическая значимость. Ионосфера, ионосферные возмущения, метеорологическое влияние на ионосферу. Магнитосфера. Геомагнитное поле.

#### 4.3.2. Современные модели исследования нейтральной атмосферы и горизонтального ветра

Принципы разработки международной модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00, алгоритм расчетов. Принципы разработки международной модели горизонтального ветра HWM-2014, алгоритм расчетов. Верификация моделей нейтральной атмосферы и горизонтального ветра на основе фактических данных: алгоритм разработки компьютерных программ для расчета ошибок модельных расчетов.

#### 4.3.3. Современные модели исследования ионосферы и геомагнитного поля

Принципы разработки международной модели ионосферы IRI-2012, алгоритм расчетов. Принципы разработки международной модели геомагнитного поля IGRF-13, алгоритм расчетов. Верификация моделей ионосферы и геомагнитного поля на основе фактических данных: алгоритм разработки компьютерных программ для расчета ошибок модельных расчетов.

### 4.4. Содержание занятий семинарского типа

Содержание практических занятий для очной формы обучения

Таблица 4.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Алгоритм работы с международной базой фактических данных параметров атмосферы и ветра.	Практическая работа	ПК-3.2
2	1	Алгоритм работы с международной базой фактических данных параметров ионосферы и геомагнитного поля.	Практическая работа	ПК-3.2
3	1	Разработка компьютерных программ на языке FORTRAN для форматирования файлов фактических данных параметров атмосферы и ветра в соответствии с форматом модельных.	Практическая работа	ПК-3.2

4	1	Разработка компьютерных программ на языке FORTRAN для форматирования файлов фактических данных параметров параметров ионосферы и геомагнитного поля в соответствии с форматом модельных.	Практическая работа	ПК-3.2
5	1	Подготовка базы фактических данных для верификации моделей нейтральной атмосферы, горизонтального ветра, ионосферы и геомагнитного поля.	Практическая работа	ПК-3.2
6	2	Расчет высотных изменений параметров атмосферы по модели NRLMSISE-00 и параметров горизонтального ветра по модели HWM-2014 для различных геофизических условий (уровень солнечной и геомагнитной активности) . Анализ результатов.	Практическая работа	ПК-3.3
7	2	Разработка компьютерной программы для верификации модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00 с использованием фактических данных.	Практическая работа	ПК-3.3
8	2	Разработка компьютерной программы для верификации модели горизонтального ветра HWM-2014 с использованием фактических данных.	Практическая работа	ПК-3.3
9	2	Расчет и анализ ошибок модели NRLMSISE-00. Расчет и анализ ошибок модели HWM-2014. Построение графиков. Анализ результатов.	Практическая работа	
10	3	Расчет высотных изменений электронной концентрации для различных геофизических условий (уровень солнечной и геомагнитной активности) по модели IRI-2012.	Практическая работа	ПК-3.3
11	3	Разработка компьютерной программы для верификации модели ионосферы IRI-2012 с использованием фактических данных.	Практическая работа	ПК-3.3
12	3	Расчет и анализ ошибок модели IRI-2012. Построение графиков. Анализ результатов.		ПК-3.3
13	3	Расчет напряженности геомагнитного поля в точке наблюдения и компонентов геомагнитного поля по модели IGRF-13.	Практическая работа	ПК-3.3
14	3	Разработка компьютерной программы для верификации модели геомагнитного поля с использованием фактических данных. Расчет и анализ ошибок модели IGRF-13. Построение графиков. Анализ результатов.	Практическая работа	ПК-3.3

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

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент может приходить на консультации с преподавателем, для чего студент может использовать возможности удаленного доступа (Интернет). Модель нейтральной атмосферы NRLMSIS-00: <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/nrlmsise00.php> (также в случае необходимости предоставляется преподавателем exe –файл для расчетов в диалоговом режиме). Модель горизонтального ветра HWM: <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/atmos/hwm.html> (также в случае необходимости предоставляется преподавателем exe –файл для расчетов в диалоговом режиме). Модель ионосферы IRI-2012 : [https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2012\\_vitmo.php](https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2012_vitmo.php). Модель геомагнитного поля IGRF-13: <https://geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/IGRF.html>

## 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 -75;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 15;

### 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 – экзамен.

Форма проведения экзамена: устно по билетам.

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

#### ПК-3.2:

1. Стратификация атмосферы, области турбулентной и молекулярной диффузии. Высота однородной атмосферы.
2. Химический состав атмосферы, его изменения с высотой.
3. Факторы, оказывающие влияние на состояние нейтрального газа верхней атмосферы на данной высоте.
4. Система горизонтальных нейтральных ветров в верхней атмосфере, причина возникновения.
5. Дрейф ионизации, причины возникновения.
6. Ионосфера.
7. Ионосфера, как продукт деятельности трех основных процессов: ионизации, рекомбинации и динамики.
8. Ионосферные возмущения, основные причины.
9. Волны в атмосфере.
10. Атмосферная турбулентность.
11. Основные элементы строения магнитосферы.
12. Геомагнитное поле: основные характеристики, строение, геомагнитные вариации.

#### ПК-3.3:

13. Принципы разработки международной модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00,
14. Алгоритм расчетов по международной модели нейтральной атмосферы NRLMSISE-00.
15. Принципы разработки по международной модели горизонтального ветра HWM-2014.
16. Алгоритм расчетов по международной модели горизонтального ветра HWM-2014.
17. Принципы разработки международной модели ионосферы IRI-2012.



18. Алгоритм расчетов по международной модели ионосферы IRI-2012.
19. Принципы разработки международной модели геомагнитного поля IGRF-13.
20. Алгоритм расчетов по международной модели геомагнитного поля IGRF-13.
21. Верификация модели.
22. Алгоритмы расчета модельных расчетов.
23. Международные базы фактических данных параметров атмосферы, ветра, ионосферы и геомагнитного поля.

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5.

Распределение баллов по видам учебной работы  
Очная форма обучения

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	0-10
Практическое задание №1	0-5
Практическое задание №2	0-5
Практическое задание №3	0-5
Практическое задание №4	0-5
Практическое задание №5	0-5
Практическое задание №6	0-5
Практическое задание №7	0-5
Практическое задание №8	0-5
Практическое задание №9	0-5
Практическое задание №10	0-5
Практическое задание №11	0-5
Практическое задание №12	0-5
Практическое задание №13	0-5
Практическое задание №14	0-5
Промежуточная аттестация	0-20
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

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

Таблица 6.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
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 «Современные модели исследования атмосферы».

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Гвишиани А. Д., Лукьянова Р. Ю., Соловьев А. А. // Геомагнетизм: от ядра Земли до Солнца. [Текст]: монография / А. Д., Гвишиани. – Москва: Российская Академия наук.- 2019.- 186 стр. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42456349>.
2. Тарасов Л.В. Земной магнетизм: Учебное пособие / Л.В. Тарасов.-Долгопрудный: Издательский Дом: «Интеллект».2012.- 183 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19485692>.
3. Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеоздат, 1980. - 190 с. Режим доступа: [http://lib.rshu.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108](http://lib.rshu.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108).
4. Данилов А.Д. Популярная аэрономия [Текст]: Данилов А.Д. - Гидрометеоздат, 1989- 230 с.

#### Дополнительная литература:

1. Доронина Е.Н., Намгаладзе А.А. Вариации широтно- долготных распределений термосферных параметров во время геомагнитных бурь 17-20 апреля 2002 года. //Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2005. Т. 8. № 1. С. 120-131.
2. Карпов М., Намгаладзе А., Золотов О. Моделирование возмущений полного электронного содержания ионосферы, создаваемых электрическими токами между землей и ионосферой. //Химическая физика - 2013г. №9
3. Волобуева О.В., Дробжева Я.В., Иванова И.А., Топтунова О.Н., Проверка точности расчетов профилей температуры по модели NRLMSISE-00 для Санкт-Петербурга. // Труды ГГО им. А.И. Воейкова. – 2020. – №599. – С.93-103. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46133168>

### 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Электронный ресурс. Эмпирическая модель верхней атмосферы NRLMSIS: <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/nrlmsise00.php> – свободный доступ.

Электронный ресурс. Эмпирическая модель ветра HWM: - <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/atmos/hwm.html> - свободный доступ.

Электронный ресурс. Модель ионосферы IRI-2012 : [https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2012\\_vitmo.php](https://ccmc.gsfc.nasa.gov/modelweb/models/iri2012_vitmo.php). – свободный доступ.

Электронный ресурс. Модель геомагнитного поля IGRF-13: <https://geomag.bgs.ac.uk/research/modelling/IGRF.html>. – свободный доступ.

### 8.3. Перечень программного обеспечения

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

windows 7 47049971 18.06.2010

office 2013 62398416 11.09.2013

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).

### 8.4. Перечень информационных справочных систем

Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн,

Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>

Электронно-библиотечная система Знаниум.

Режим доступа: <http://znanium.com>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система eLibrary;

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

2. База данных издательства SpringerNature;

Режим доступа: <https://www.springernature.com/gp>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, 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.