Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы

Рабочая программа по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИИ ОБЛАКОВ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 Прикладная гидрометеорология

Направленность (профиль):
Прикладная метеорология

Квалификация:
Магистр

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»
_____

Председатель УМС _____ **И.И. Палкин**

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

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

Авторы-разработчики:
_____ **Кашлева Л.В.**

Санкт-Петербург 2021

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Моделирование динамики облаков» – получение студентами комплекса теоретических знаний и практических навыков, предназначенных для выполнения научно-исследовательских работ в области изучения атмосферных процессов, определяющих физическое строение облаков в широком диапазоне масштабов явлений.

.Главная задача дисциплины - изучение закономерностей формирования и развития облаков.

Дисциплина изучается магистрантами, обучающимися по программе подготовки магистра на метеорологическом факультете.

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирования динамики облаков» для направления подготовки 05.04.05 − Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки Прикладная метеорология – Магистранты, относится к факультативным.

Дисциплина включает в себя изучение в виде семинарских занятий современного состояния исследований в области Физики Облаков, в которых изучаются условия, приводящие к формированию различных облаков, и процессы, определяющие их эволюцию. Для проведения научно-исследовательской работы требуют предварительного изучения следующих дисциплин:

- физика атмосферы – для понимания особенностей той гидродинамической среды, в которой формируются облака;
- физика - для понимания процессов взаимодействия частиц облака и осадков в аэрогидродинамическом потоке;
- численные методы математического моделирования - для понимания и приобретения навыков при моделировании облачных процессов;
- информатика и вычислительная техника для работы с базами гидрометеорологических данных в Интернете и в стандартных офисных редакторах;
- программирование для создания отдельных вычислительных и сервисных программ;
- климатология – для понимания тех климатических особенностей региона, которые определят различие облачных параметров в разных климатических зонах;
- английский язык для ознакомления с научной иностранной литературой.

Таким образом, дисциплина «Моделирования динамики облаков» является комплексной дисциплиной; для ее освоения обучающиеся должны иметь знания как по отдельным разделам фундаментальных дисциплин («Математика», «Физика», «Информатика и вычислительная техника»), так и знать прикладные дисциплины по специальности «Метеорология», такие как: «Физика атмосферы», «Климатология», «Численные методы моделирования атмосферных процессов», «Динамическая метеорология».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенции выпускников **ПК-2.1, ПК-2.2.**

Таблица 1 - Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК – 2 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых гидрометеорологических процессов	ПК-2.1. - Применяет знания о происходящих физических процессах в системе океан-атмосфера для теоретической разработки модели физического процесса	**Знать:** основные физико-метеорологические закономерности атмосферных процессов, приводящих к образованию облаков различных форм и определяющих их эволюцию, с учетом особенностей подстилающей поверхности; **Уметь:** найти в Интернете и импортировать требуемую гидрометеорологическую информацию; проводить расчеты термогидродинамических характеристик облаков и атмосферы ; **Владеть:** методами расчета основных параметров облаков различных групп ГМК.
	ПК-2.2 - Описывает физические процессы статистическими или гидродинамическими методами	**Знать:** атмосферные процессы, приводящие к формированию волнистых облаков; - особенности фронтальных облачных систем; - особенности формирования и развития конвективных облаков **Уметь** анализировать полученные результаты с применением теоретических знаний, выполнять расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств; **Владеть:** навыками моделирования

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

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

Объём дисциплины	**Всего часов**
	Очная форма обучения
Общая трудоёмкость дисциплины	**72**
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	**28**
в том числе:	
лекции	**0**
практические занятия	**28**
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	**44**
Вид промежуточной аттестации (зачет)	**зачет**

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	Основные процессы облакообразования в атмосфере	**3**	**2**	**2**	**8**	Реферат. Собеседование	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
2	Волнистообразные облака	**3**	**2**	**2**	**8**	Собеседование Рефераты	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
3	Слоистообразные облака	**3**	**2**	**2**	**8**	Собеседование.	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
4	Конвективные облака	**3**	**4**	**4**	**10**	Собеседование	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
5	Численное моделирование процессов облако- и осадкообразования	**3**	**4**	**4**	**10**	Собеседование. Расчеты по модели	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
	ИТОГО		**14**	**14**	**44**			
С учетом трудозатрат на подготовку и сдачу зачета						**72**		

4.2. Содержание разделов дисциплины

1 Основные процессы облакообразования в атмосфере

Основные формы облаков.

Атмосферные процессы, приводящие к образованию облаков. Влияние упорядоченных, конвективных и турбулентных вертикальных движений на облакообразования. Влияние радиационных факторов на облакообразование.

Классификация облаков.

Глобальные характеристики облачного покрова.

2. Волнистообразные облака

Макрофизические характеристики волнистообразных облаков (ВО). Вертикальная мощность ВО. Турбулентность в внутримассовых и фронтальных облаках.

Температурное поле в ВО. Фазовые переходы воды в облаках и их роль в развитии атмосферных процессов.

Атмосферные процессы, приврдящие к формированию ВО. Атмосферные волны и их роль в формировании ВО. Ячейковая конвекция и ее роль в формировании ВО.

Микрофизичекая структура ВО. Фазовое строение облаков. Микроструктура капельных облаков. Микроструктура смешанных и кристаллических облаков.

3. Слоистообразные облака

Макрофизические характеристики слоистообразных облаков (СО). Вертикальная мощность СО. Турбулентность в внутримассовых и фронтальных облаках.

Температурное поле в СО. Фазовые переходы воды в облаках и их роль в развитии атмосферных процессов.

Фронтальные облачные системы. Облачные системы теплых фронтов. Облачные системы холодных фронтов. Облачные системы фронтов окклюзии. Мезоструктура фронтальных СО. Затопленная конвекция.

Микрофизичекая структура СО. Фазовое строение облаков. Микроструктура капельных облаков. Микроструктура смешанных и кристаллических облаков.

4. Конвективные облака

Основные характеристики атмосферной конвекции. Основные характеристики кучевых облаков. Структура полей вертикальных движений, ветра и турбулентности в зоне Cu. Поле температуры в зоне Cu. Структура облачных полей Cu. Cu –конвекция в тропиках.

Кучево-дождевые облака. Общие характеристики. Стадии эволюции Cb. Проникновение Cb в стратосферу. Пространственное распределение метеоэлементов в зоне Cb. Классификация Cb.

5. Численное моделирование процессов облако- и осадкообразования

Выбор основных уравнений, входящих в модели облаков
– уравнения движения;
– уравнения сохранения энергии и массы воды;
– уравнения, описывающие микрофизические процессы.
Построение комплексной модели облака.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. - Содержание практических занятий

№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Всего часов
1	Основные процессы облакообразования в атмосфере Собеседование	2
2	Волнистообразные облака	

Собеседование 2
3 Слоистообразные облака
Собеседование 2
4 Конвективные облака
Собеседование 4
5 Численное моделирование процессов
облако- и осадкообразования 4

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, ПК-2.2.

1.Атмосферные процессы, приводящие к образованию облаков.

2.Влияние упорядоченных, конвективных и турбулентных вертикальных движений на облакообразования.

3.Влияние радиационных факторов на облакообразование.

4. Атмосферные процессы, приврдящие к формированию ВО.

5. Атмосферные волны и их роль в формировании ВО.

6. Ячейковая конвекция и ее роль в формировании ВО.

7. Макрофизические характеристики слоистообразных облаков (СО).

8. Турбулентность в внутримассовых и фронтальных облаках.

9. Фронтальные облачные системы.

10. Мезоструктура фронтальных СО. Затопленная конвекция.

11. Основные характеристики атмосферной конвекции. Основные

12. Структура полей вертикальных движений, ветра и турбулентности в зоне Cu.

13. Кучево-дождевые облака.

14. Численное моделирование процессов облако- и осадкообразования.

15 Уравнения движения.

16. Уравнения сохранения энергии и массы воды.

17. Уравнения, описывающие микрофизические процессы.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 6. - Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	10
Презентация рефератов по темам	30
Модельный оценки	30
Промежуточная аттестация (зачет)	30
ИТОГО	100

Таблица 7 - Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы

Участие в конференции 5
ИТОГО 5

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 рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Физика облаков».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) Основная литература:

Pruppacher, H. and J. Klett, 1997: Microphysics of Clouds and Precipitation. Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 954 pp. Seifert, A. and K. D. Beheng, 2006

б) дополнительная литература:

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000.

2. МазинИ.П., Шметтер С.М. Облака, строение и физика образования. Л. Гидрометеоиздат, 1983.

3. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера Справочник. - Л.: Гидрометиздат, 1989. - 647с. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера Справочник. - Л.: Гидрометиздат, 1989. - 647с.

4. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. - СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. - 194 с.

в) Интернет-ресурсы:

в) Интернет-ресурсы:

http://elib.rshu.ru/ - Электронно-библиотечная система ГидроМетеОнлайн (учебники, учебные пособия, монографии, статьи по гидрометеорологии)

http://elibrary.ru/ - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library - электронная библиотека РФФИ

http://www.springer.com/ - научное издательство Springer (материалы по геофизическим, экологическим географическим направлениям научных исследований, по общественным, социальным, гуманитарным наукам и информационным технологиям)

http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1391849/browse?type=source - 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/123456789/905824/browse?type=source - Издательство Кембриджского университета (предоставляет академические некоммерческие электронные ресурсы для научных исследований)

http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/1417890/browse?type=source-
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/123456789/1947637/browse?type=source - Nature — один из самых старых и авторитетных общенаучных журналов. Публикует оригинальные исследования, посвященные широкому спектру вопросов естественных наук.

http://archive.neicon.ru/xmlui/handle/123456789/2757634/browse?type=source - 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.

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 учитыва-

ются 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

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы от 05.06.2023 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.

Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 29.05.2024 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год для заочной формы обучения без изменений.

Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 28.05.2025 № 10