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

МИКРОФИЗИКА ОБЛАКОВ И ОСАДКОВ

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»
_____ /С.П.Смогунлеев/

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 «Микрофизика облаков и осадков» - получение студентами комплекса теоретических знаний и практических навыков, предназначенных для выполнения научно-исследовательских работ в области изучения процессов, определяющих микрофизические процессы в облаках, приводящие к выпадению осадков..

.Главная задача дисциплины - изучение взаимодействия облачных частиц и частиц осадков в насыщенном облачном воздухе и формирование микроструктуры облаков и осадков.

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

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Микрофизика облаков и осадков» для направления подготовки 05.04.05 − Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки – Прикладная метеорология - относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла.

Дисциплина включает в себя изучение в виде семинарских занятий современного состояния исследований в области Физики Облаков, в которых изучаются условия, определяющих особенности микрофизической структуры облаков и приводящих к выпадению осадков.

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;
- математика - для понимания и приобретения навыков при моделировании облачных процессов;
- информатика и вычислительная техника для работы с базами гидрометеорологических данных;
- 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 «Микрофизика облаков и осадков» является комплексной дисциплиной; для ее освоения обучающиеся должны иметь знания как по отдельным разделам фундаментальных дисциплин («Математика», «Физика», «Химия», «Информатика и вычислительная техника»), так и знать прикладные дисциплины по специальности «Метеорология», такие как: «Физика атмосферы, океана и вод суши», «Численные методы моделирования атмосферных процессов».

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 спектров капель и кристаллов в облаках различных форм
	ПК-2.2 - Описывает физические процессы статистическими или гидродинамическими методами	**Знать:** факторы, определяющих фазовые переходы воды в атмосфере, - особенности гомогенной и герерогенной нуклеации; **Уметь** анализировать полученные результаты с применением теоретических знаний, выполнять расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств; **Владеть:** навыками анализа основныз процессов укрупнения и взаимодействия облачных гидрометеоров

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

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

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоёмкость дисциплины	**144**
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	**56**
в том числе:	
лекции	**28**
практические занятия	**28**
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	**88**
Вид промежуточной аттестации	**экзамен**

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	Микроструктура облаков и осадков.	**3**	**6**	**6**	**22**	Реферат. Собеседование	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
2	Структура и поверхностные свойства воды	**3**	**6**	**6**	**22**	Собеседование Рефераты	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
3	Гомогенная и гетерогенная нуклеация	**3**	**8**	**8**	**22**	Собеседование.	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
4	Конденсационный и коагуляционный рост облачных гидрометеоров	**3**	**8**	**8**	**22**	Собеседование	**ПК-2**	ПК-2.1 ПК-2.2
	ИТОГО		**28**	**28**	**88**			
С учетом трудозатрат на подготовку и сдачу зачета			**144**					

4.2. Содержание разделов дисциплины

1 Микроструктура облаков и осадков.

Микроструктура облаков и осадков, содержащих капли. Относительная влажность в облаках и туманах. Микроструктура туманов. Микроструктура облаков. Формирования распределения капель по размерам в облаках и туманах. Среднее расстояние между каплями в облаках и туманах. Микроструктура дождя.

Микроструктура облаков и осадков, содержащих ледяные частицы. Размеры, форма и концентрации снежинок, снежных хлопьев, крупы и града.

2. Структура и поверхностные свойства воды

Структура изолированной молекулы воды. Структура водяного пара. Структура льда.

Структура воды и водных растворов.

Равновесие между водяным пером, водой, водными растворами и льдом. Уравнение Клаузиуса-Клайперона.

Правило фаз в системах с поверхностями раздела. Поверхность раздела вода-пар. Поверхность раздела лед-пар. Поверхность раздела лед-вода.

Равновесие между каплей чистой воды и чистым водяным паром или влажным воздухом. Равновесие между каплей водного раствора и влажным воздухом. Равновесие между влажным воздухом и каплей водного раствора, содержащей твердую нерастворимую частицу. Условие равновесия для ледяных частиц.

3. Гомогенная и гетерогенная нуклеация

Гомогенная нуклеация капли воды и кристалла льда из водяного пара. Энергия образования зародыша. Скорость нуклеации. Гомогенная нуклеация льда из переохлажденной воды. Скорость нуклеации. Энергия образования зародыша.

Гетерогенная нуклеация. Облачные ядра конденсации (ОЯК). Концентрация и химический состав ОЯК. Нуклеация на нерастворимых ОЯК. Нуклеация на плоской подложке. Нуклеация на искривленной подложке. Ядра кристаллизации (ЛЯ). Концентрация, источники и химический состав ЛЯ. Гетерогенное замерзание переохлажденных капель воды. Расхождение между концентрацией ЛЯ и концентрацией ледяных частиц.

4. Конденсационный и коагуляционный рост облачных гидрометеоров

Гидродинамика отдельной частицы облака или осадков. Гидродинамика капель воды в воздухе. Внутренняя циркуляция в капле. Форма капель, колебание капель. Падение капель. Нестабильность капель и их дробление. Скорость падения капель в воздухе. Гидродинамика ледяных частиц в облаке.

Конденсационный рост капель воды и снежных кристаллов.

Коагуляционный рост облачных частиц. Взаимодействия облачных частиц. Рост облачных капель при столкновении, слиянии или дроблении. Рост ледяных частиц в результате обзернения и аккреции. Крупа и град.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. - Содержание практических занятий

№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Всего часов
1	Микроструктура облаков и осадков. Собеседование	6
2	Структура и поверхностные свойства воды Собеседование	6
3	Гомогенная и гетерогенная нуклеация Собеседование	8
4	Конденсационный и коагуляционный рост облачных гидрометеоров Собеседование	8

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 - по билетам

Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Физика облаков»:

ПК-2.1, ПК-2.2.

1. Микроструктура облаков и осадков, содержащих капли.
2. Формирования распределения капель по размерам в облаках и туманах.
3. Среднее расстояние между каплями в облаках и туманах.
4. Микроструктура дождя.
5. Микроструктура облаков и осадков, содержащих ледяные частицы.
6. Размеры, форма и концентрации снежинок, снежных хлопьев, крупы и града Структура изолированной молекулы воды.
7. Структура водяного пара. Структура льда. Структура воды и водных растворов.
8. Равновесие между водяным пером, водой, водными растворами и льдом. Уравнение Клаузиуса-Клайперона.
9. Правило фаз в системах с поверхностями раздела. Поверхность раздела вода-пар. Поверхность раздела лед-пар. Поверхность раздела лед-вода.
10. Равновесие между каплей чистой воды и чистым водяным паром или влажным воздухом. Равновесие между каплей водного раствора и влажным воздухом.
11. Равновесие между влажным воздухом и каплей водного раствора, содержащей твердую нерастворимую частицу.
12. Условие равновесия для ледяных частиц.
13. Гомогенная нуклеация капли воды и кристалла льда из водяного пара. Энергия образования зародыша. Скорость нуклеации.
14. Гомогенная нуклеация льда из переохлажденной воды. Скорость нуклеации. Энергия образования зародыша.
15. Гетерогенная нуклеация. Облачные ядра конденсации (ОЯК).
16. Ядра кристаллизации (ЛЯ). Концентрация, источники и химический состав ЛЯ.
17. Гетерогенное замерзание переохлажденных капель воды. Расхождение между концентрацией ЛЯ и концентрацией ледяных частиц.
18. Гидродинамика отдельной частицы облака или осадков. Гидродинамика капель воды в воздухе.
19. Падение капель. Нестабильность капель и их дробление. Скорость падения капель в воздухе.
20. Гидродинамика ледяных частиц в облаке.
21. Конденсационный рост капель воды и снежных кристаллов.
22. Коагуляционный рост облачных частиц. Взаимодействия облачных частиц. Рост облачных капель при столкновении, слиянии или дроблении.
23. Рост ледяных частиц в результате обзернения и аккреции. Крупа и град.

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	20
Презентация рефератов по темам	30
Промежуточная аттестация (экзамен)	50
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 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

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений.
Протокол заседания кафедры МКОА от 20.06.2023 № 11-1

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры МКОА от 24.06.2024 № 10

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на
2025/2026 для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры МКОА от 26.05.2025 № 10