

Министерство образования и науки 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

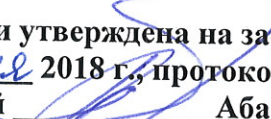
Форма обучения
Очная/Заочная

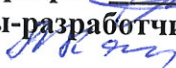
Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»

 Дробжева Я.В.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
19 июня 2018 г., протокол № 4

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
08 февраля 2018 г., протокол № 7
Зав. кафедрой  Абанников В.Н.

Авторы-разработчики:
 Кашлева Л.В.

Санкт-Петербург 2018

Составители:

Кашлева Л.В., канд. ф.-м. наук, доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы РГГМУ.

Ответственный редактор: Абанников В.Н., канд геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и охраны атмосферы РГГМУ.

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – 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.

Основные задачи дисциплины – изучение взаимодействия облачных частиц и частиц осадков в насыщенном облачном воздухе и формирование микроструктуры облаков и осадков.

2. 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 по выбору.

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 определяют 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», «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

Код компетенции	Компетенция
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-4	способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований
ПК-4	готовность использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и полевых гидрометеорологических работах

В результате изучения дисциплины «Микрофизика облаков и осадков» обучающийся должен:

Знать:

- условия фазовых переходов воды в атмосфере;
- макрофизическое микрофизическое и строение облаков;
- основные математические модели облаков;
- перспективных направлениях развития исследований в области физики облаков .

Уметь:

- обрабатывать и интерпретировать получаемую информацию о микрофизических процессах в облаках .

Владеть:

- методами расчета характеристик атмосферы, определяющих возникновение облаков, на основе стандартной гидрометеорологической информации.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Микрофизика облаков и осадков» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенцией планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2017,2018 гг. набора	Заочная форма обучения 2016, 2017, 2018 гг. набора
Общая трудоёмкость дисциплины	72 часа	72 часа
Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	32	8
в том числе:		
лекции	16	2
практические занятия	16	6
семинарские занятия	-	-
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	40	64
в том числе:		
курсовая работа	-	-
контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	зачет	зачет

4.1. Структура дисциплины

Очная форма обучения (2017,2018 гг. набора)

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	Микроструктура облаков и осадков.	3	4	4	10	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	4	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
2	Структура и поверхностные свойства воды	3	4	4	10	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	4	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
3.	Гомогенная и гетерогенная нуклеация	3	4	4	10	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	4	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
4.	Конденсационный и	3	4	4	10	Изучение	6	ОК-1

	коагуляционный рост облачных гидрометеоров					теоретических основ. Доклады студентов		ОПК-4 ПК-4
	ИТОГО		16	16	40		18	
72 часа								

Заочная форма обучения (2016, 2017, 2018 гг. набора)

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме,	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1	Микроструктура облаков и осадков.	3	0,5	-	10	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	-	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
2	Структура и поверхностные свойства воды	3	0,5	2	10	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	1	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
3.	Гомогенная и гетерогенная нуклеация	3	1	2	16	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	-	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
4.	Конденсационный и коагуляционный рост облачных гидрометеоров	3	1	2	18	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	1	ОК-1 ОПК-4 ПК-4
	ИТОГО		2	6	64		2	
72 часа								

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 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 маплями в облаках и туманах. Микроструктура дождя.

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

4.2.2. Структура и поверхностные свойства воды

Структура изолированной молекулы воды. Структура водяного пара. Структура льда. Структура воды и водных растворов.

Равновесие между водяным раствором, водой, водными растворами и льдом. Уравнение Клаузиуса-Клапперона.

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.

4.2.3. 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.

4.2.4. 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 обмерзания и аккреции. Крупа и град.

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Микроструктура облаков и осадков.	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	ОК-1, ОПК-4 ПК-4
2	2	Структура и поверхностные свойства воды	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	ОК-1, ОПК-4 ПК-4
3	3	Гомогенная и гетерогенная нуклеация	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	ОК-1, ОПК-4 ПК-4
4	4	Конденсационный и коагуляционный рост облачных гидрометеоров	Изучение теоретических основ. Доклады студентов	ОК-1, ОПК-4 ПК-4

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

а). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

1. Условия фазового равновесия.
2. Конденсация и сублимация водяного пара.
3. Парциальное давление водяного пара над поверхностью капель.
4. Ядра конденсации.
5. Образование облачных кристаллов.
6. Характеристика и классификация осадков.
7. Размеры и скорость падения частиц осадков.
8. Процессы конденсации и коагуляции.
9. Испарение дождевых капель.
10. Образование крупы и града.

Приведенные темы являются обзорными, при выполнении которых студент должен составить возможно полное описание направлений исследования и их результатов, пользуясь литературой и сведениями, почерпнутыми из Интернета (рекомендуется использовать поисковые системы, вводя в строку поиска название исследуемой величины). Обязательны ссылки на литературные источники. Описание должно быть составлено своими словами, с избеганием прямого «скачивания», что сразу же будет замечено при проверке. В конце работы должно быть приведено *собственное суждение студента* по конкретной проблеме?

В конце работы обязательно приводится список используемой литературы.

Работа оценивается по докладу с презентацией, позволяющей свободно изложить тему работы.

Если работа выполнена достаточно полно, тема подробно раскрыта, и в конце приведено собственное аргументированное суждение студента о возможности оценки данной проблемы, такая работа оценивается на **ОТЛИЧНО**.

Если работа выполнена достаточно полно, тема раскрыта, но заключение студента отсутствует, такая работа оценивается на **ХОРОШО**.

Если работа выполнена самостоятельно, но недостаточно полно, тема раскрыта не полностью, заключение студента отсутствует, такая работа оценивается на **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**.

Примечание. При обнаружении дословного сходства сданных работ (или дословного сходства с одной из работ, сданных в предыдущие годы), такие работы не зачитываются и возвращаются для полной переделки.

Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

Выполнение курсовых работ по данной дисциплине не предусмотрено учебным планом.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, предусмотренный программой, для чего рекомендуется изучить основную и дополнительную литературу. Освоение материалом и выполнение практических работ

проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль: зачет

Перечень вопросов к зачету

1. Условия фазового равновесия.
2. Конденсация и сублимация водяного пара.
3. Парциальное давление водяного пара над поверхностью капель.
4. Ядра конденсации.
5. Образование облачных кристаллов.
6. Характеристика и классификация осадков.
7. Размеры и скорость падения частиц осадков.
8. Процессы конденсации и коагуляции.
9. Испарение дождевых капель.
10. Образование крупы и града.
11. Фазовые переходы воды в облаках и их роль в развитии атмосферных процессов.
12. Микроструктура капельных облаков.
13. Микроструктура смешанных и кристаллических облаков.
14. Конденсационный рост облачных частиц.
15. Коагуляционный рост облачных частиц.
16. Процессы электризации облачных частиц.
17. Численное моделирование осадкообразования.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Экологический мониторинг атмосферы: Учебное пособие / И.О. Тихонова, В.В. Тарасов, Н.Е. Кручинина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 136 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=424281>
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000.

б) дополнительная литература:

1. Мазин И.П., Шметтер С.М. Облака, строение и физика образования. Л. Гидрометеиздат, 1983.
2. 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.
3. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. - СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. - 194 с.
4. Задачник по общей метеорологии (колл. Авторов). – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 312 с.
5. 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

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.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Написание конспекта: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на занятиях, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1-4	<u>информационные технологии:</u> 1. чтение лекций с использованием слайд-презентаций, <u>образовательные технологии</u> 1. интерактивное взаимодействие педагога и студента 2. сочетание индивидуального и коллективного обучения	1. Пакет Word, PowerPoint. 2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн http://elib.rshu.ru 3. Электронно-библиотечная система Znanium, http://znanium.com

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитория 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 аудитория 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. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **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.