

Настоящая программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры, паспорта научной специальности, разработанного экспертным советом ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

1. Общая метеорология и физика атмосферы

Строение атмосферы. Основные метеорологические величины, их размерности. Стандартная и справочные атмосферы. Газовый состав воздуха. Уравнение состояния сухого и влажного воздуха. Уравнение статики атмосферы. Геопотенциал. Связь геопотенциала с температурой столба воздуха. Потенциальная температура.

Стратификация атмосферы. Сухой и влажно-адиабатический градиент температуры.

Критерии конвективной устойчивости: метод частицы и метод слоя. Частота Брента-Вяйсея.

Энергия конвективной неустойчивости. Внутренние гравитационные волны.

Уравнение притока тепла в атмосфере. Факторы, определяющие изменение температуры в приземном, планетарном пограничном слое и в свободной атмосфере.

Перенос тепла в деятельном слое суши, моря и океана. Турбулентный обмен теплом, водяным паром и количеством движения между атмосферой и подстилающей поверхностью. Уравнение теплового баланса поверхности материка и океана.

Вода в атмосфере и облачность. Облака: классификация, микрофизическая структура, водность.

Физические механизмы возникновения атмосферных осадков. Классификация осадков.

2. Радиация в атмосфере

Солнце и солнечная активность. Солнечная постоянная. Коротковолновая солнечная радиация и длинноволновое тепловое излучение. Законы излучения. Поглощение и рассеяние излучения в атмосфере. Оптические свойства подстилающей поверхности. Нагревание и охлаждение в атмосфере за счет коротковолнового и длинноволнового излучения. Малые газовые составляющие атмосферы (вода, углекислый газ, озон и др.) и их роль в радиационном балансе атмосферы и климатических процессах. Энергетика атмосферы. Доступная потенциальная энергия.

3. Динамика атмосферы

Силы, действующие в атмосфере. Уравнения движения воздуха. Прimitивные уравнения.

Уравнения Рейнольдса. Уравнения гидротермодинамики атмосферы: сохранения массы, импульса, притока тепла и влаги. Упрощение уравнений для процессов крупного масштаба. Геоострофическое приближение, геоострофический ветер. Уравнение гидростатики. Изменение ветра с высотой в свободной атмосфере, термический ветер. Уравнение эволюции завихренности. Уравнение потенциального вихря. Квазигеоострофическая теория крупномасштабных движений атмосферы. Волны Россби, бароклиническая и баротропная неустойчивость.

Волновые движения и турбулентность в атмосфере. Турбулентность в атмосфере. Однородная и изотропная турбулентность. Приземный и приповерхностный пограничные слои атмосферы. Потоки тепла, влаги и импульса (балк-формулы, теория подобия Моница-Обухова, полуэмпирические формулы). Планетарный (экмановский) пограничный слой атмосферы. Уравнение движения в пограничном слое атмосферы. Спираль Экмана.

Современные глобальные и региональные оперативные системы численного прогноза погоды.

Математические модели общей циркуляции атмосферы: основные уравнения, граничные и начальные условия, параметризация физических процессов. Основы численных методов решения задач динамики атмосферы.

4. Синоптические процессы и структуры в атмосфере

Синоптический анализ полей метеорологических элементов: барическое поле и ветер, поле температуры и влажности, поле потенциального вихря, поле вертикальных движений, облачности и осадков. Воздушные массы в тропосфере, классификация, основные свойства, трансформация.

Поверхности раздела в атмосфере, атмосферные фронты, фронтогенез. Планетарные высотные фронтальные зоны и струйные течения. Бароклинические вихри умеренных широт, циклоническая деятельность, теории циклогенеза. Полярные мезоциклоны. Синоптические процессы тропической атмосферы. Экваториальные и восточные волны, депрессии, тропические циклоны.

5. Климатология

Определение климата. Климат глобальный, региональный и местный. Климатическая система.

Климатологическая обработка метеорологической информации. Классификации климатов. Зональность климата. История климата. Изменения климата в современную эпоху. Климат и деятельность человека.

Роль атмосферы, океана, криосферы, суши в климатической системе. Радиационный режим планеты Земля. Составляющие радиационного баланса Земли и факторы их определяющие.

Парниковые газы: водяного пара и углекислый газ в атмосфере, их влияние на климат.

Тепловой баланс климатической системы.

Общая циркуляция атмосферы и климат. Основные элементы планетарной циркуляции. Ячейки Хэдли и Уокера, внутритропическая зона конвергенции, муссоны, пассаты, западный перенос.

Изменчивость общей циркуляции атмосферы и региональных циркуляций декадного и межгодового масштабов. Тихоокеанская декадная осцилляция, Атлантическое мультидекадное колебание, Арктическая и Антарктическая осцилляции, Северо-Атлантическое колебание, Эль-Ниньо – Южное колебание.

Глобальное взаимодействие атмосферы и океана. Межширотный перенос энергии атмосферными и океаническими движениями. Роль общей циркуляции атмосферы, стационарных и нестационарных вихрей и волн в переносе энергии в атмосфере и океанах.

Математическое моделирование климата. Проблемы параметризации физических процессов.

Современные численные модели глобальной атмосферы, мирового океана и климата.

6. Основные наблюдательные системы для исследования атмосферы и климата

Системы получения метеорологической и климатической информации. Виды метеорологических измерений: *in situ* и дистанционные. Точность измерений в метеорологии. Аэрологические измерения. Зондирование атмосферы с использованием самолетов и ракет, аэростатов и приборов на высотных сооружениях. Прямые методы измерения турбулентных потоков импульса, тепла и влаги. Методы измерений составляющих радиационного баланса у поверхности земли и на верхней границе атмосферы.

Дистанционные методы в метеорологии. Метеорологические радиолокаторы, акустические локаторы (содары) и лидары. Принципы работы микроволновых радиометров и их применение в метеорологии. Дистанционное зондирование Земли из космоса для метеорологического

мониторинга и методы определения важнейших метеорологических характеристик.

Список рекомендуемой литературы

1. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы. М.: МГУ, 2007. 255 с.
2. Володин Е.М. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы. Курс лекций. М.: ИВМ РАН, 2007. 220 с.
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т.1, Т.2. М.: Мир, 1986. 397 с., 415 с.
4. Гисина Ф.А., Лайхтман Д.Л. Динамическая метеорология. Теоретическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 607 с.
5. Говердовский В.Ф. Космическая метеорология. Ч. I. Спутниковая метеорология. СПб.: Изд. РГГМУ, 2009.
6. Гущина Д.Ю. Синоптическая метеорология. Анализ метеорологических полей. Учеб.пособие. М.: МГУ, 2014. 114 с.
7. Гущина Д.Ю. Синоптическая метеорология. Атмосферные фронты. Учеб. пособие. М.: МГУ, 2013. 106 с.
8. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 711 с.
9. Калинин Н.А. Толмачева Н.И. Космические методы исследований в метеорологии. Пермь: Перм. ун-т, 2005. 348 с.
10. Кароль И.Л. Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 215 с.
11. Кислов А.В., Суркова Г.В. Климатология. Учебник. 4-е изд. М.: Академия, 2020. 352 с.
12. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 295 с.
13. Лыкосов В.Н., Глазунов А.В., Кулямин Д.В., Мортиков Е.В., Степаненко В.М. Суперкомпьютерное моделирование в физике климатической системы. М. Издательство Московского университета. 2012. 402 с.
14. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 731 с.
15. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Л.: Гидрометеиздат. 1991. 295 с.
16. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 246 с.
17. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 407 с.
18. Хмелевцов С.С. Изучение климата при использовании энергобалансовых моделей. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 151 с.

19. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Т.1, Т.2. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 247 с., 319 с.
20. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: МГУ, 2006. 582 с.

Программа рассмотрена, обсуждена и одобрена на семинаре лаборатории исследования взаимодействия океана и атмосферы Отдела спутниковой океанологии и лаборатория физической океанологии Отдела общей океанологии ТОИ ДВО РАН «04» октября 2022 г.

Председатель семинара
д. ф.-м. н.



М.С. Пермяков