

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру
по специальности 25.00.30 «Метеорология, климатология,
агрометеорология»

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: физика атмосферы, синоптическая метеорология и прогноз условий погоды, тропическая метеорология, общая циркуляция атмосферы, климат, методы долгосрочных прогнозов погоды, авиационная метеорология

Вводные положения

Предмет и задачи метеорологии. Положение метеорологии в системе наук, связь с другими дисциплинами. Основные этапы развития метеорологии и роль отечественных и зарубежных ученых в этом развитии. Международное сотрудничество в области метеорологии. Современное деление метеорологии на отдельные дисциплины. Методы исследования, применяемые в метеорологии. Прикладные задачи метеорологии, агрометеорологии и климатологии. Погода, как совокупность метеорологических элементов и атмосферных явлений.

Газовый состав атмосферы

Общие сведения об атмосфере. Уравнение состояния сухого воздуха. Водяной пар в атмосфере. Характеристики влажности воздуха. Уравнение состояния влажного воздуха. Виртуальная температура. Переменные составные части воздуха: озон, пыль, естественные и искусственные примеси и другие аэрозоли. Изменение состава воздуха с высотой.

Строение атмосферы

Принципы деления атмосферы на слои. Гемосфера и гетеросфера. Тропопауза, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера. Озоносфера. Ионосфера и ионосферные слои.

Основные физические явления, происходящие в разных слоях атмосферы

Протяженность верхней границы атмосферы. Диссипация газов из атмосферы. Понятие о прямых и косвенных методах изучения атмосферы. Исследование атмосферы с помощью ИСЗ и ракет. Распределение температуры, плотности, давления в атмосфере по данным ракет и ИСЗ. Горизонтальная неоднородность атмосферы. Понятие о воздушных массах.

Основы статики атмосферы

Уравнение статики. Вертикальный барический градиент и барическая ступень. Барометрическая формула. Изменение давления с высотой в изотермической, политропической и реальной атмосфере. Полная барометрическая формула. Задачи, решаемые с помощью барометрических формул. Основы термодинамики атмосферы. Первое начало термодинамики в применении к атмосфере. Адиабатические изменения температуры при вертикальных перемещениях сухого и влажного насыщенного и ненасыщенного воздуха. Политропические процессы. Уравнение Пуассона. Потенциальная температура и ее свойства. Эквивалентная и псевдопотенциальная температура. Псевдоадиабатический процесс. Условия статистической (термодинамической) устойчивости (вертикального равновесия) в атмосфере. Энергия неустойчивости. Уровень конденсации и уровень конвекции. Определение неустойчивости по

методу слоя. Вовлечение окружающего воздуха в конвективные облака. Аэрологическая диаграмма.

Лучистая энергия в атмосфере

Общие сведения о потоках лучистой энергии в атмосфере. Коротковолновая и длинноволновая радиация. Солнце как источник энергии. Солнечная постоянная. Инсоляция. Ослабление солнечной радиации. Рассеяние радиации в атмосфере Земли. Поглощение радиации в атмосфере. Изменение температуры в атмосфере в связи с лучистым теплообменом. Прямая и рассеянная солнечная радиация у земной поверхности и ее зависимость от высоты солнца. Методы измерения прямой и рассеянной радиации. Годовой ход и зональное распределение сумм радиации. Альbedo для прямой и рассеянной радиации, его зависимость от высоты солнца. Альbedo для естественных поверхностей и Земли в целом. Длинноволновое излучение земной поверхности и атмосферы; эффективное излучение. Радиационный баланс различных поверхностей и системы Земля-атмосфера; исследование его с помощью ИСЗ. Практическое использование солнечной энергии.

Тепловой режим атмосферы

Тепловой режим приземного слоя атмосферы. Турбулентное перемешивание в атмосфере. Уравнение турбулентного обмена. Коэффициент турбулентности. Изменение температуры воздуха с высотой в приземном слое. Суточный ход температуры воздуха в приземном слое. Тепловой режим свободной атмосферы. Уравнение притока тепла. Влияние различных видов притоков тепла на термический режим атмосферы. Распределение температуры по вертикали в тропосфере и стратосфере на разных широтах. Стандартная атмосфера. Инверсия в тропосфере.

Тепловой баланс. Уравнение теплового баланса подстилающей поверхности. Тепловой баланс суши и моря. Суточный и годовой ход составляющих теплового баланса. Тепловой баланс системы «Земля-атмосфера».

Вода в атмосфере

Испарение и факторы его определяющие. Методы расчета испарения с различных подстилающих поверхностей. Вертикальный перенос водяного пара в атмосфере. Изменение характеристик влажности с высотой. Условия фазовых переходов воды в атмосфере. Ядра конденсации. Процессы, приводящие к образованию облаков. Классификация облаков. Суточный и годовой ход облачности. Стратосферные и мезосферные облака. Виды осадков и их классификация. Основные факторы, приводящие к росту капель в облаках. Осадки из водяных, ледовых и смешанных облаков. Условия образования града, крупы, снежных зерен. Физические основы методов активного воздействия на туманы, облака, осадки. Искусственное образование осадков. Общая схема влагооборота в атмосфере.

Динамика атмосферы

Воздушные течения. Поле давления. Барическое поле на горизонтальной плоскости и в пространстве, способы его графического представления. Связь изменения давления в атмосфере с изменением средней температуры слоя. Распределение давления по земному шару.

Силы, действующие при горизонтальном движении воздуха в атмосфере

Стационарное движение без трения при прямолинейных и круговых изобарах. Стационарное движение при наличии трения и сил турбулентной

вязкости при различной конфигурации изобар. Изменение скорости и направления ветра с высотой в пограничном слое. Влияние горизонтального изменения температуры на изменение скорости и направления ветра в свободной атмосфере.

Физико-математические основы численного прогноза погоды

Исходные уравнения гидротермодинамики. Понятие об уравнении вихря скорости и его значение. Анализ формулы для локального изменения геопотенциала на среднем уровне. Вертикальные движения в свободной атмосфере. Пограничный слой в атмосфере и суточный ход метеорологических элементов в нем. Трансформация полей температуры и влажности под влиянием подстилающей поверхности.

Крупномасштабные атмосферные движения в свободной атмосфере

Гравитационные и длинные волны (волны Россби) и их роль в динамике атмосферы. Основы теории общей циркуляции атмосферы. Простейшие схемы общей циркуляции атмосферы.

Синоптический метод

Предмет синоптической метеорологии. Определение синоптического метода. Сущность методов научного прогноза погоды и пути их совершенствования. Краткие сведения из истории развития синоптической метеорологии.

Метеорологическая информация и основные требования к ней. Системы получения и сбора метеорологической информации. Служба погоды в России. Всемирная служба погоды.

Первичный анализ (обработка) карт погоды. Техника первичного анализа приземных карт погоды. Анализ барической топографии и вспомогательных карт. Выявление и исправление ошибок на картах погоды. Взаимная увязка высотных и приземных карт. Обработка аэрологических диаграмм и вертикальных разрезов атмосферы. Использование информации метеорологических искусственных спутников Земли в синоптическом анализе.

Общие принципы анализа метеорологических полей. Анализ барического поля и поля ветра. Определение траекторий воздушных частиц. Трансляционные и эволюционные изменения метеорологических элементов. Особенности анализа полей температуры, влажности, облачности и осадков. Принципы объективного анализа метеорологических полей. Вычисление по картам погоды производственных и некоторых дополнительных характеристик.

Основные объекты синоптического анализа

Воздушные массы. Условия формирования относительно однородных воздушных масс. Классификация воздушных масс. Характеристика погоды в устойчивых и неустойчивых воздушных массах. Анализ свойств воздушных масс. Атмосферные фронты. Общие сведения о фронтах и фронтальных зонах, планетарные фронтальные зоны. Классификация фронтов. Образование и размывание фронтов. Структура фронтов. Фронты в поле метеорологических элементов. Перемещение фронтов. Погода в области фронтов. Влияние орографии на перемещение и эволюцию воздушных масс и фронтов. Анализ фронтов на картах погоды и по данным ИСЗ. Маскировочные фронты.

Внетропические циклоны и антициклоны. Общие сведения о циклонах и антициклонах и их строении. Возникновение и эволюция внетропических циклонов и антициклонов, стадии их развития. Использование спутниковой информации для выявления стадии развития циклонов. Фронты в циклонах и антициклонах. Особенности условий погоды в каждой стадии развития циклонов и антициклонов

в зависимости от сезона. Перемещение циклонов и антициклонов. Теории развития циклонов и антициклонов. Влияние орографии на возникновение, эволюцию и перемещение циклонов и антициклонов. Регенерация циклонов и антициклонов.

Прогноз синоптического положения

Общие принципы прогноза синоптического положения и условий погоды. Задачи и сущность прогноза синоптического положения. Общая характеристика приемов прогноза синоптического положения и условий погоды. Постановка задачи гидродинамического и физико-статистического прогноза.

Прогноз возникновения и эволюции синоптических объектов. Прогноз возникновения и эволюции циклонов и антициклонов. Прогноз эволюции воздушных масс. Прогноз эволюции атмосферных фронтов и струйных течений. Прогноз перемещения синоптических объектов. Прогноз перемещения барических систем. Прогноз перемещения атмосферных фронтов и струйных течений. Общие приемы составления прогностических карт.

Статистические методы прогноза

Основные этапы разработки статистических методов прогноза. Экстраполяционные прогнозы.

Прогноз погоды

Классификация прогнозов. Оптимальная стратегия использования прогностической информации.

Прогноз ветра и особых явлений погоды, связанных с ветром (шквалы, метели, пыльные бури, болтанки самолета). Прогноз ветра в приземном слое и на высотах. Прогноз температуры и влажности воздуха в приземном слое и на высотах. Прогноз заморозков. Прогноз слоистообразной не фронтальной облачности. Прогноз обложных осадков. Прогноз конвективной облачности. Прогноз ливневых осадков. Прогноз гроз. Прогноз града. Классификация туманов. Прогноз туманов различных типов. Общий прогноз видимости. Прогноз особых явлений, связанных с процессами конденсации (гололеда, изморози, обледенения самолетов, обледенения морских судов).

Основные особенности атмосферы тропической зоны

Границы тропической зоны атмосферы. Общая циркуляция у поверхности Земли в тропиках. Средние зональные ветры. Средняя меридиональная циркуляция. Вертикальные движения воздуха и пояса осадков. Квазидвухлетняя цикличность.

Циркуляция и синоптические объекты в тропической зоне. Экваториальная ложбина. Пассаты. Антипассаты. Тропические возмущения. Муссоны.

ВЗК

Характерные особенности тропической атмосферы и ВЗК как ее элемента. Определение ВЗК, ее положение и основные признаки. Условная неустойчивость атмосферы первого и второго рода. Термодинамические характеристики атмосферы и гипотеза «горячих башен». Конвективная неустойчивость и конвекция в тропиках. Волны в тропической атмосфере и их связь с ВЗК. Облачные скопления.

Конвекция в тропической зоне. Типы конвекции и условия ее возникновения. Факторы, способствующие образованию конвекции в тропиках. Условная неустойчивость первого рода. Условная неустойчивость второго рода. Типы конвекции в тропиках. Роль КНС в развитии конвекции.

Тропические циклоны

Возникновение тропических циклонов. Эволюция тропических циклонов. Структура тропических циклонов. Связь между минимальным давлением и максимальной скоростью ветра в тропических циклонах.

Аналитические модели тропических циклонов. Нестационарная модель урагана В. В. Шулейкина. Модель Карриера. Стационарная модель Эванса и Дэвиса. Параметризация глубокой конвекции в численных моделях тропических циклонов. Источники тепла и влаги за счет конденсации в методах параметризации проникающей конвекции. Параметризация конвективных переносов тепла, влаги и импульса. Схемы конвективного приспособления. Метод Ооямы. Гипотеза КПНПЭ. Параметризация Аракавы—Шуберта.

История развития и современное состояние моделирования эволюции и перемещения тропических циклонов. Численное моделирование эволюции тропических циклонов. Моделирование перемещения тропических циклонов. Модель перемещения тропических циклонов, созданная в Гидрометцентре СССР. Баротропная модель ДВНИГМИ. Статистические и синоптические методы прогноза зарождения, интенсивности и перемещения тропических циклонов. Смерчи.

Роль основных факторов в формировании общей циркуляции атмосферы

Особенности циркуляции, связанные с неравномерным распределением тепловой энергии по земному шару, неравномерным распределением суши и океана и характером подстилающей поверхности. Роль солнечной активности и других факторов земного и космического происхождения. Озон в атмосфере.

Средние многолетние характеристики общей циркуляции атмосферы. Основные объекты общей циркуляции атмосферы на земном шаре. Положение, интенсивность и сезонные колебания центров действия атмосферы. Распределение давления, температуры и осадков на земном шаре. Направление и скорость основных переносов воздуха у Земли и на высотах. Планетарные высотные фронтальные зоны и зоны струйных течений. Повторяемость циклонов и антициклонов в северном полушарии.

Особенности циркуляции и режима погоды в различных зонах земного шара: экваториальной, тропической и субтропической, умеренных широт и в полярной. Распределение температуры и осадков.

Схемы общей циркуляции атмосферы и их критика. Индексы циркуляции. Классификация и типизация макросиноптических процессов, положительные и отрицательные их стороны.

Модели общей циркуляции атмосферы

Основные уравнения. Конечно-разностная и спектральная аппроксимация уравнений. Параметризация физических процессов. Методы численного интегрирования. Преобразование энергии в моделях ОЦА. Сравнение структуры различных моделей (NCAR, GFDL, MPIM, ECMWF, Гидрометцентра России, Главной геофизической обсерватории России). Использование моделей для решения различных проблем теории ОЦА.

Климат как статистический режим

Масштабы климата: макроклимат, мезоклимат (местный климат), микроклимат. Климат приземного слоя воздуха. Климат свободной атмосферы. Принципы комплексной и динамической климатологии. Связь климата с

географической средой и с хозяйственной деятельностью. Прикладные задачи климатологии.

Соляной климат. Радиационный баланс земной поверхности и климатообразование. Атмосферная циркуляция и климатообразование.

Географическая зональность климата

Основные типы климата: морской и континентальный климат, показатели континентальности; аридный и гумидный климат. Высотная климатическая зональность и горные климаты.

Принципы классификации климатов. Классификация климатов по Кеппену, Бергу, Алисову, Будыко-Григорьеву.

Общие характеристики климатических зон и областей земного шара. Климатические области России.

Изменения климата в геологическом прошлом, в частности в плейстоцене (антропогенез). Изменение климата в историческое время. Современные изменения климата по данным инструментальных наблюдений. Непреднамеренные антропогенные воздействия на климат.

Математическое моделирование климата

Перспективы прогноза изменений климата.

Методы долгосрочных прогнозов погоды

Приемы изображения макрометеорологических процессов. Построение карт распределения средних значений метеорологических элементов и их отклонений от многолетней «нормы». Сборные и сборно-кинематические карты, карты траекторий циклонов и антициклонов.

Определение эффективности методов и приемы оценки качества долгосрочных прогнозов погоды. Обеспечение методов прогноза. Сравнение успешности методических прогнозов с инерционными и случайными.

Методы прогнозов на три дня

Понятие «естественного синоптического» периода и «естественного синоптического» процесса и их связь с высотными деформационными полями. Принципы составления прогнозов на три дня. Использование аналогов при составлении прогнозов. Критерии выбора аналогов на ЭВМ.

Методы прогнозов на пентаду и декаду

Расчет полей температуры и осадков на пентаду и декаду по континентальным районам России и Арктическому бассейну.

Методы прогнозов погоды на месяц

Ритмическая деятельность в атмосфере и ее использование. Использование особенностей «естественного синоптического» сезона и учета предшествующих синоптических процессов и элементов погоды при составлении прогнозов погоды на месяц. Роль аналогов и принципов их нахождения для составления прогноза синоптических процессов и элементов погоды. Гидродинамический и статистический методы прогнозов.

Понятие о «естественном синоптическом» сезоне, определение и основные их характеристики. Выявление характерных процессов и их прогностические возможности. Прогностические свойства тенденции «естественного синоптического» сезона. Способ расчета аномалий высот H500, температуры воздуха и осадков на сезон.

Основные формы циркуляции атмосферы и их преобразования

Типы преобразований и их обеспеченность. Роль гомологов и способы их выбора. Составление прогнозов по Арктическому бассейну и их уточнение.

Методы долгосрочных прогнозов погоды, применяемы в зарубежных странах (США, Япония, Германия, Индия и т.д.)

Влияние метеорологических факторов на ЛТХ ВС

Влияние метеорологических факторов на эксплуатационные характеристики воздушных судов при взлете, посадке, полете на эшелоне, показания навигационных приборов, на регулярность, безопасность и экономическую эффективность полетов.

Меры безопасности при полетах в зонах грозовой деятельности, интенсивной турбулентности, обледенения, сдвигов ветра, интенсивных ливневых осадков, статического электричества.

Правила и процедуры метеорологического обеспечения полетов. Наблюдения за фактической погодой в аэропортах и по трассам. Принципы составления авиационных сводок. Авиационные прогнозы погоды.

Авиационно-климатические описания аэродромов и трасс и их использование в авиации.

Средства связи для передачи авиационной метеорологической информации. Автоматизированные системы сбора, обработки и передачи метеорологической информации авиационным пользователям.

Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 25.00.30 «Метеорология, климатология, агрометеорология»:

1. Состав атмосферного воздуха и его изменение с высотой. Антропогенные изменения локального соотношения газовых и аэрозольных компонент.
2. Уравнение статики. Барометрические формулы. Распределение температуры с высотой. Вертикальное строение атмосферы. Суточный и годовой ход.
3. Рассеяние и поглощение радиации в атмосфере. Теория Ми. Основные законы излучения.
4. Солнечная постоянная. Распределение энергии в солнечном спектре. Прямая и рассеяная радиация. Прозрачность атмосферы. Земное излучение и излучение атмосферы. Радиационный баланс земной поверхности. Парниковый эффект.
5. Тепловой баланс земной поверхности. Методы расчета турбулентных потоков явного и скрытого тепла в приземном слое атмосферы. Основы теории подобия Монино-Обухова.
6. Испарение. Транспирация и фотосинтез. Методы измерений и расчетов испарения с естественных поверхностей. Распределение влажности с высотой в приземном слое и в свободной атмосфере. Суточный и годовой ход влажности воздуха.
7. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере. Микрофизическое строение облаков. Классификация облаков и туманов. Искусственное воздействие на облака и осадки.
8. Осадки, географическое распределение, типы годового хода. Снежный покров: физические свойства, географическое распределение.
9. Барическое поле и ветер. Линии тока и траектории частиц воздуха. Характеристики поля ветра: дивергенция, вихрь, циркуляция скорости. Геоострофический ветер. Термический ветер.

10. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной среды. Классификация атмосферных движений. Уравнение баланса (переноса) атмосферных примесей.
11. Планетарный пограничный слой. Распределение метеорологических элементов с высотой. Движения воздуха в пограничном слое.
12. Уравнения гидротермодинамики для описания крупномасштабных движений свободной атмосферы.
13. Волновые движения. Гравитационные волны. Волны Россби. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока (баротропный и бароклинный случай).
14. Уравнения гидротермодинамики для описания мезометеорологических процессов.
15. Мезометеорологические системы циркуляции
16. Микроклимат.
17. Постановка задачи численного прогноза погоды. Прогностические модели. Конечно-разностные и спектральные методы численного интегрирования моделей атмосферы.
18. Система усвоения данных для целей численного краткосрочного и среднесрочного прогноза погоды.
19. Параметризация физических процессов в моделях атмосферы: радиационный теплообмен.
20. Параметризация физических процессов в моделях атмосферы: конвекция и крупномасштабная конденсация.
21. Параметризация физических процессов в моделях атмосферы: подстилающая поверхность (деятельные слои суши и моря).
22. Воздушные массы: термодинамическая и географическая классификации, трансформация, особенности погоды.
23. Фронтотенез и фронтолиз. Высотные фронтальные зоны и струйные течения. Прогноз перемещения фронта.
24. Внетропические циклоны и антициклоны. Возникновение, эволюция и прогноз перемещения.
25. Воздушные массы, фронты, струйные течения. Внетропические муссоны.
26. Атмосферная циркуляция в тропиках: муссоны, пассаты, внутритропическая зона конвергенции.
27. Тропические циклоны.
28. Краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные прогноза погоды.
29. Климат. Классификация климатов Алисова, Кеппена, Будыко, Берга.
30. Изменения климатообразующих факторов в современную эпоху: CO₂ и другие парниковые газы, SO₂. Квотирование выбросов.
31. Климатические прогнозы. Прогноз состояния климатически обусловленных природных ресурсов и климатически зависимых отраслей экономики.

Основная литература

1. Блютген И. География климатов. т.1, 2. - М.: «Прогресс», 1972.
2. Васильев П.П. Прогноз основных элементов погоды с использованием результатов интегрирования гидродинамических моделей атмосферы. Методы среднесрочных прогнозов. Труды международного симпозиума. - Л.: Гидрометеиздат, 1989.
3. Гирс А. Динамика атмосферы и океана. в 2 т. - М.: Мир, 1986. - Т.1. 397 с., т.2. 415 с.
4. Гирс Ф.Ф., Кондратович В.К. Методы долгосрочных прогнозов погоды. - Л.: Гидрометеиздат, 1978.
5. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология// Уч. для вузов по спец. «Метеорология». - Л.: Гидрометиздат, 1989.
6. Зверев А.С. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1977.
7. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
8. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата земли. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 295с.
9. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Издание третье; части 1 и 2. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.
10. Баранов А.М., Лещенго Г.П., Белоусова Л.Ю. Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов. – М.: Изд. Транспорт, 1993.
11. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – Изд. МГУ: Наука, 2006.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

Журнал «Метеорология и гидрология»
Известия АН, серия «Географическая» и «Физика атмосферы и океана».
Труды Гидрометцентра, Труды ГГО и др.