

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру по направлению
05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ, профиль *Метеорология*

1. ФИЗИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

1.1. Общие сведения об атмосфере

Определение метеорологии как науки. Предмет и методы метеорологии. Основные этапы ее развития. Место метеорологии среди других наук и связи между ними. Ее значение для народного хозяйства.

Определение атмосферы. Современные представления о составе атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Антропогенное загрязнение атмосферы.

Принципы деления атмосферы на слои. Основные сведения о слоях атмосферы.

Уравнение состояния сухого воздуха. Газовая постоянная. Уравнение состояния влажного воздуха. Виртуальная температура. Характеристики влажности воздуха и связь между ними.

Силы, действующие в атмосфере в состоянии равновесия. Уравнение статики, его следствия. Барический градиент и барическая ступень.

Барометрическая формула в общем виде. Частные случаи.

1.2. Термодинамика атмосферы

Первое начало термодинамики – частный случай закона сохранения энергии. Первое начало термодинамики для сухого, влажного ненасыщенного и влажного насыщенного воздуха. Отличие влажноадиабатических процессов от сухоадиабатических. Практическое значение.

Определение политропического процесса. Частные случаи политропического процесса. Определение адиабатического процесса. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура. Критерии устойчивости атмосферы.

Определение и практическая значимость аэрологической диаграммы. Виды АД. Основные семейства изолиний и шкалы на АД. Уровни конденсации и конвекции. Энергия неустойчивости. Инверсии. Тропопауза. Стандартная атмосфера.

1.3. Тепловой режим атмосферы

Лучистая энергия, ее характеристики и источник. Основные составляющие радиационного баланса и их характеристика. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы земля-атмосфера. Годовой и суточный ход.

Поток и приток тепла. Основные процессы, определяющие приток тепла в турбулентной атмосфере. Уравнение притока тепла и его составляющие. Частные виды уравнения. Практическая значимость.

Определение пограничного и приземного слоя. Их высота. Турбулентное перемешивание – основной фактор, определяющий тепловой режим приземного слоя. Распределение температуры с высотой в приземном слое. Суточный и годовой ход температуры. Приземные инверсии температуры. Заморозки.

Изменение температуры воздуха с высотой. Поле температуры в тропосфере и стратосфере. Периодические и непериодические изменения температуры в тропосфере. Стратосферные потепления. Инверсии температуры. Высота и температура тропопаузы.

Важность учета условий подстилающей поверхности при изучении атмосферных процессов. Деятельный слой. Уравнение теплопроводности почвы. Уравнение Фурье. Составляющие теплового баланса. Тепловой баланс суши, атмосферы и системы земля-атмосфера в целом. Суточный и годовой ход составляющих теплового баланса.

1.4. Вода в атмосфере

Зависимость давления насыщения водяного пара от температуры и фазового состояния испаряющей поверхности. Диаграмма равновесия фаз. Условия конденсации водяного пара в атмосфере. Ядра конденсации. Образование ледяных кристаллов и зародышей.

Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере. Распределение характеристик влажности с высотой. Испарение, методы расчета. Поле влажности.

Роль вертикальных движений различного масштаба, турбулентного перемешивания и радиационного выхолаживания в образовании облаков. Генетическая классификация: кучевообразные, слоистообразные и волнистообразные облака. Прогноз низких облаков фронтального и внутримассового происхождения.

Определение. Количественные характеристики осадков. Генетическая классификация. Морфологическая классификация. Факторы, вызывающие рост облачных капель: конденсационный и коагуляционный рост. Процесс образования осадков в различных облаках: водяных, ледяных, смешанных.

1.5. Движение воздуха

Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения атмосферы. Стационарное движение воздуха без трения. Градиентный ветер. Изменение геострофического ветра с высотой. Градиентная линейка. Построение траектории частицы.

Атмосфера – турбулентная среда. Причины возникновения атмосферной турбулентности. Основные характеристики турбулентности. Турбулентный поток и приток субстанции. Уравнение локального изменения вертикальной составляющей вихря скорости.

Понятие о приземном и пограничном слоях атмосферы. Изменение скорости ветра с высотой. Суточный ход ветра.

Западно-восточный перенос. Длинные волны. Пассаты и антипассаты. Внутритропическая зона конвергенции (ВЗК). Ячейка Гадлея. Струйные течения. Их прогноз.

2. СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

2.1. Карты погоды

Карты абсолютной и относительной барической топографии. Геопотенциал, геопотенциальный метр. Связь высоты изобарической поверхности в геопотенциальных и линейных метрах. Рабочая формула для вычисления абсолютной и относительной высоты

изобарической поверхности. Назначение карт барической топографии. Анализ фронтов на картах погоды: приземной, OT_{1000} , AT_{850} .

2.2. Основные синоптические объекты

Определение ВМ. Внешние факторы формирования ВМ. Влияние радиационного режима подстилающей поверхности, циркуляционных условий. Внутренние факторы формирования ВМ. Вертикальные и горизонтальные движения ВМ. Процессы конденсации и испарения.

Термодинамическая классификация ВМ. Факторы, определяющие состояние атмосферы. Погодные условия, суточный ход метеорологических элементов, синоптические условия в теплой и холодной устойчивой и неустойчивой ВМ.

Влияние орографии на воздушный поток: развитие вертикальных движений, процессы облако- и осадкообразования. Орографическая болтанка. Местные ветры: фен, бора, горно-долинные и стоковые ветры. Дешифрирование подстилающей поверхности.

Классификация фронтов по горизонтальной и вертикальной протяженности и роли их в общей циркуляции атмосферы. Характерные признаки тропосферных, приземных и верхних фронтов. Термическая и географическая классификация.

Теплый фронт. Изменение комплекса метеорологических элементов. Вертикальный разрез, характер вертикальных движений. Типичная система надфронтальных облаков. Подфронтальные облака. Возможность отклонения от типичной схемы облачности с образованием Cb или St , или Ac , Cs . Суточный ход облачности, характер осадков. Продолжительность прохождения фронта. Явления погоды. Термобарическое поле.

Холодный фронт. Изменение комплекса метеорологических элементов. Скорость фронта и характер вертикальных движений, род фронта. Вертикальный разрез, система облачности в зависимости от рода фронта. Возможные отклонения от основных схем. Суточный ход облачности, характер осадков. Продолжительность прохождения фронта. Явления погоды. Термобарическое поле. Вторичный холодный фронт.

Фронт окклюзии. Процесс окклюдирования. Вертикальный разрез и термобарическое поле в зависимости от типа окклюзии: теплого, холодного. Признаки фронта на приземной карте, AT_{850} , OT_{1000} . Облачные системы, осадки, явления. Протяженность фронта окклюзии, исчезновение гребня тепла на высоте. Секклюзия.

Влияние орографии на атмосферные фронты в зависимости от высоты хребтов, типа фронта и перемещения его относительно хребта. Характер и структура облачности, режим осадков на наветренном и подветренном склонах. Процессы волнообразования на фронте, обусловленные орографией.

Процессы фронтогенеза и фронтолиза. Образование, обострение и размывание фронтов. Основной показатель фронтогенеза и фронтолиза. Тропосферный и приземный фронтогенез. Метод адвективно-динамического анализа процессов Погосьяна–Таборовского. Условия фронтогенеза и фронтолиза во входе и дельте ВФЗ в зависимости от структуры термобарического поля. Условия приземного фронтогенеза в области ложбины, гребня, на периферии антициклона.

Типизация циклонов и антициклонов в зависимости от географического района и причин возникновения (направления перемещения, вертикальной протяженности).

Условия цикло- и антициклогенеза. Причины изменения давления. Факторы изменения вихря со временем.

Термобарическое поле, благоприятное для цикло- и антициклогенеза.

Стадии развития циклона. Термобарическое поле. Особенности поля изогипс и изотерм. Расположение областей падения и роста давления под действием динамических и термических факторов. Влияние конвергенции трения на изменение давления. Развитие циклона с высотой. Наклон высотной оси. Изменение положения приземного центра относительно высотной фронтальной зоны (ВФЗ) и струйного течения (СТ). Перемещение и деформация ВФЗ.

Погодные условия в циклоне в зависимости от стадии развития и части барического объекта. Облачность, осадки, влажность, ветер, контраст температур в стадии волны. Условия погоды в передней части, в теплом секторе и тыловой части в стадиях молодого циклона и максимального развития. Особенности по сезонам. Погода в стадии заполнения.

Процесс регенерации циклона. Регенерация за счет увеличения контрастов температуры при вхождении нового фронта. Регенерация за счет переноса вихря скорости извне. Схемы термобарического поля благоприятные для регенерации.

Стадии развития антициклона. Антициклон у земли. Термобарическое поле. Факторы роста давления: вихревой, дивергентный, термический. Расположение зон роста и падения давления. Положение приземного центра относительно ВФЗ и СТ, его подвижность. Развитие антициклона на высоте. Наклон высотной оси. Роль вертикальных движений и приземной дивергенции трения.

Типы инверсий. Инверсии приземные: радиационные, адвективные, орографические, снежные. Инверсии высотные: оседания, фронтальные, динамические. Синоптические и метеорологические условия. Явления погоды.

Условия погоды в антициклоне на периферии и в центре в зависимости от времени года и стадии развития. Роль адвекции тепла в формировании погоды в антициклоне.

Процесс регенерации антициклонов за счет вхождения холодного воздуха в тыл циклона за холодным фронтом и за счет слияния с новым вихрем в виде заключительного антициклона. Схемы барического поля у земли, термобарического поля на высоте среднего уровня.

Определение, терминология. Размеры ВФЗ. Нормальная и сложная ВФЗ. Динамические изменения давления, деформация ВФЗ. Система планетарных фронтальных зон Северного полушария.

2.3. Прогноз синоптического положения

Условия перемещения циклонов и антициклонов. Роль факторов, обуславливающих перемещение по потоку и отклонение от него. Влияние изменения градиента геопотенциала со временем на отклонение. Ведущий поток.

Способы прогноза перемещения барических образований. Приемы физической экстраполяции. Метод ведущего потока на 12, 24 и 36 ч. Эмпирические правила: изобар теплого сектора, изаллобарического поля. Приемы формальной экстраполяции. Перемещение высоких барических образований.

Прогноз перемещения фронтов. Методы физической и формальной экстраполяции. Перемещение по ведущему потоку.

Условия возникновения фронтальных барических образований. Роль вихревого, дивергентного и термического факторов. Термобарические поля, благоприятные для возникновения циклонов и антициклонов.

Процесс образования циклонов на фронтах: холодных, теплых, окклюзиях, стационарных. Признаки образования фронта в поле изобар, барических тенденций, температуры, влажности, облачности. Роль изаллогипс на картах OT_{1000} , AT_{700} или AT_{500} .

Методы оценки эволюции. Оценка вихревого и дивергентного факторов. Качественный учет данных факторов по прогностическому полю изогипс AT_{500} и фактическому полю изаллогипс AT_{500} . Оценка термического фактора эволюции по контрасту температур на карте OT_{1000} . Оценка эволюции путем учета пространственной структуры барических образований.

Процесс эволюции фронтов. Факторы, определяющие интенсивность восходящих движений на фронтах: характер барического поля и степень конвергенции воздушных течений, наклон фронтальной поверхности, уровня увлажнения, стратификация атмосферы, орография. Контрасты температуры на фронте. Процесс размывания фронтов.

2.4. Прогноз погоды

Определение и причины обледенения. Метеорологические условия: термические, влажностные, осадки, облачность. Синоптические условия. Автоматизированный метод прогноза: оценка возможности развития слоистообразной облачности, уточнение интенсивности по параметру Годекса.

Влияние подстилающей поверхности на ветер. Влияние суточного хода температуры и стратификации на скорость ветра. Расчетные способы прогноза скорости ветра. Синоптические условия возникновения шквалов. Шквалы на стационарных фронтах с волнами, шквалы в тылу циклона, внутримассовые шквалы.

Расчетные способы прогноза шквала: метод Решетова, Пескова–Снитковского.

Прогноз ветра в свободной атмосфере для стандартных изобарических поверхностей.

Прогноз ветра в пограничном слое методом Петренко с учетом изменения барического поля и поправки на суточный ход скорости ветра; методом Орленко с учетом стратификации атмосферы, подстилающей поверхности.

Факторы, влияющие на изменение температуры воздуха. Адвективные изменения температуры воздуха. Изменения температуры вследствие вертикальных движений воздуха. Трансформационные изменения температуры воздуха. Учет суточного хода температуры воздуха. Прогноз температуры воздуха методом Глазовой. Прогноз максимальной температуры воздуха по данным вертикального зондирования. Прогноз заморозков.

Физические условия образования тумана. Классификация туманов. Синоптические условия образования адвективных, радиационных, адвективно-радиационных, орографических, морозных туманов населенных пунктов, туманов испарения. Прогноз адвективного тумана. Расчет видимости в адвективном тумане. Прогноз радиационного тумана. Метод Зверева. Прогноз времени образования и рассеяния радиационного тумана. Метод прогноза радиационного тумана при сильных морозах.

Синоптические условия, благоприятные для развития гроз: холодные фронты и фронты окклюзии по типу холодного, теплые фронты, малоподвижные фронты с волновыми возмущениями, заполняющиеся депрессии, ослабевающие антициклоны, тыловая часть циклона. Расчет стратификации температуры и влажности в атмосфере с использованием аэрологической диаграммы. Определение грозы. Метод частицы. Виды конвекции: термическая, свободная, вынужденная. Определение параметров конвекции, прогноз. Прогноз гроз методом Решетова.

2.5. Использование спутниковой информации при анализе атмосферных процессов

Основные требования к гидрометеорологической спутниковой информации. Изображения, получаемые в видимой части спектра. Инфракрасные спутниковые снимки.

Признаки дешифрирования снимков, получаемых с помощью МСЗ. Текстура изображения. Мезоструктура и макроструктура космических изображений.

Дешифрирование снимков облачности. Спутниковая классификация космических изображений облачности. Распознавание облачности на фоне подстилающей поверхности различного вида.

Оценка эволюции облачного поля. Признаки формирования и эволюции облачной полосы атмосферного фронта. Признаки циклогенеза. Эволюция облачной системы циклонического образования.

3. КЛИМАТОЛОГИЯ

Основные климатообразующие факторы. Внешние факторы: астрономические, геофизические. Внутренние факторы: постоянные и переменные составляющие атмосферы, физические свойства суши и океана, неравномерное распределение материков и океанов.

Глобальные поля температуры, влажности, зональной и меридиональной составляющей ветра.

Классификация климатов Б.П. Алисова, В. Кеппена, М.И. Будыко.

Основная литература

1. Калинин Н.А., Толмачева Н.И. Космические методы исследований в метеорологии. Пермь. 2005. 348 с.
2. Калинин Н.А. Динамическая метеорология: учебник. Перм. гос. ун-т Пермь. РГГМУ. СПб. Изд. второе, испр. Перм. кн. изд-во, 2009. 256 с.
3. Кислов А.В. Климатология. М., Академия, 2011. 240 с.
4. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань. 2009. 540 с.
5. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: МГУ, 2005. 680 с.
6. Толмачева Н.И. Физическая метеорология. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь. 2012. 324 с.

Дополнительная литература

1. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кужевская И.В. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование: учебное пособие / Под ред. Г.О. Задде. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. 312 с.
2. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Геофизическая гидродинамика: учебное пособие. СПб.: РГГМУ. 2007. 154 с.
3. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 616 с.
4. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 780 с.
5. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: Аспект Пресс, 2002. 415 с.

Составитель программы: профессор Н.А. Калинин.

Программа одобрена Ученым советом географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета.