

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ПРОГРАММА**

вступительного экзамена по специальной дисциплине,  
соответствующей научной специальности аспирантуры

**1.6.18 НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ**

Поступающие в аспирантуру географического факультета на научную специальность аспирантуры 1.6.18 *Науки об атмосфере* и климате сдают вступительное испытание в устной форме по специальной дисциплине, соответствующей профилю программы аспирантуры.

Экзамен проводится по билетам, включающим два теоретических вопроса из разных разделов предложенной программы и третий вопрос – развернутое сообщение по теме планируемого или проводимого научного исследования (в том числе выполняемого ранее в виде выпускных квалификационных работ).

**Цель программы** – способствовать подготовке поступающих в аспирантуру по специальности «Науки об атмосфере».

Программа ориентирована на самостоятельную подготовку к экзамену поступающих в аспирантуру, имеющих профессиональные знания в области метеорологии в объеме высшей школы.

**Физическая метеорология**

*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.

Современная организационная структура подразделений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и основные задачи, решаемые ими.

Определение атмосферы. Современные представления о составе атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Атмосферные аэрозоли.

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.

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

Барометрические формулы. Практическое использование барометрических формул. Изменение плотности воздуха с высотой.

Понятие геопотенциала. 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.

Термодинамика атмосферы. Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Политропический процесс. Влажноадиабатический процесс. Частные случаи политропического процесса. Определение адиабатического процесса. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура.

Критерии устойчивости атмосферы по методу частицы. Стратификация атмосферы

по отношению к влажноадиабатическому и сухоадиабатическому движению частицы. Метод слоя.

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

*Тепловой режим атмосферы.* Лучистая энергия, ее характеристики и источники. Основные составляющие радиационного баланса и их характеристика. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы земля-атмосфера.

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

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) + w(\gamma - \gamma_a) + \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \Theta}{\partial z} + \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_\phi + \varepsilon_k}{C_p}$$

Определение пограничного и приземного слоя. Распределение температуры с высотой в приземном слое. Суточный и годовой ход температуры. Приземные инверсии температуры в пограничном слое атмосферы. Теория суточного хода температуры воздуха в пограничном слое атмосферы.

$$T(z) = T_0 + (T_1 - T_0) \ln \frac{z + z_0}{z_1 + z_0};$$

$$A = A_0 \exp \left( - \sqrt{\frac{\omega}{2K}} Z \right);$$

$$t_2 - t_1 = \frac{z}{2} \sqrt{\frac{\Pi}{K\pi}};$$

$$v_\phi = \frac{z}{\Delta t} = 2 \sqrt{\frac{\pi K}{\Pi}}.$$

Распределение температуры в тропосфере и стратосфере. Периодические и непериодические изменения температуры в тропосфере. Инверсии температуры. Высота и температура тропопаузы.

Деятельный слой. Уравнение теплопроводности почвы. Уравнение Фурье. Уравнение теплового баланса Земной поверхности. Вертикальное распределение температуры почвы. Роль растительного и снежного покрова.

*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.

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.

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.

*Движение воздуха.* Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения атмосферы. Стационарное движение воздуха без трения. Градиентный ветер. Изменение геострофического ветра с высотой.

Понятие о турбулентности. Возникновение турбулентности. Уравнение для осредненных величин. Связь турбулентных потоков с осредненными полями. Осредненные уравнения гидротермодинамики атмосферы. Упрощение уравнений гидротермодинамики атмосферы.

Ветер в пограничном слое атмосферы. Суточный ход скорости ветра в пограничном слое атмосферы. Влияние орографии на воздушный поток. Местные ветры.

Вихрь скорости ветра. Уравнение вихря скорости ветра. Качественный анализ условий

образования и эволюции синоптических вихрей. Влияние бароклинности на эволюцию барических образований.

Западный перенос воздушных масс. Длинные волны. Пассаты и антипассаты. Внутритропическая зона конвергенции (ВЗК). Ячейка Гадлея. Струйные течения. Муссоны. Тропические циклоны.

*Видимость в атмосфере.* Общие сведения о видимости в атмосфере. Теория горизонтальной дальности видимости. Метеорологическая дальность видимости. Дальность видимости при полете, взлете и посадке самолета.

### ***Синоптическая метеорология***

*Основные синоптические объекты.* Определение воздушной массы (ВМ). Внешние факторы формирования ВМ. Влияние радиационного режима подстилающей поверхности, циркуляционных условий. Внутренние факторы формирования ВМ.

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.

*Атмосферные фронты.* 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 Сb или St, или Ас, Сс. 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, АТ<sub>850</sub>, ОТ<sub>1000</sub><sup>500</sup>. Облачные системы, осадки, явления. 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.

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

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

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} = - \left( u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} \right) - (\Omega + l) \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \left( u \frac{\partial l}{\partial x} - v \frac{\partial l}{\partial y} \right) - \left( \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial v}{\partial p} \right) - \tau \frac{\partial \Omega}{\partial p};$$

$$\frac{\partial H}{\partial t_{вихр}} = \frac{m}{l} (H, \nabla^2 H);$$

$$\frac{\partial H}{\partial t_{вихр}} = \frac{m}{l} (KH_{ns} + K_s H_n).$$

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 в различные сезоны года.

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.

*Антициклон. Высотная фронтальная зона.* 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.

*Прогноз синоптического положения.* Условия перемещения циклонов и антициклонов, проанализированные на основе уравнений

$$C_s \frac{\partial^2 H_{p_0}}{\partial s^2} = R \ln \frac{p_0}{p} \frac{\partial}{\partial s} \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial s} \frac{\partial H_p}{\partial t} - C_n \frac{\partial^2 H_{p_0}}{\partial s \partial n};$$

$$C_n \frac{\partial^2 H_{p_0}}{\partial n^2} = R \ln \frac{p_0}{p} \frac{\partial}{\partial n} \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial n} \frac{\partial H_p}{\partial t} - C_s \frac{\partial^2 H_{p_0}}{\partial s \partial n};$$

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, проанализированные по уравнению

$$\frac{\partial H_{p_0}}{\partial t} = \frac{mg}{l} (H, \nabla^2 H)_p + ml^2 D_p + amg \frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \bar{T}.$$

Роль вихревого, дивергентного и термического факторов. Термобарические поля,

благоприятные для возникновения циклонов и антициклонов.

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

Методы оценки эволюции барических образований. Оценка вихревого и дивергентного факторов. Качественный учет влияния вихревого и дивергентного факторов по прогностическому и фактическому полю изаллогипс  $AT_{500}$ . Оценка термического фактора эволюции по контрасту температур на карте  $OT_{1000}^{500}$ . 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, уровень увлажнения, стратификация атмосферы, орография. Контрасты температуры на фронте. Процесс размывания фронтов.

*Прогноз обледенения и ветра.* Определение и причины обледенения. Зависимость интенсивности обледенения от микрофизической структуры облаков и режима полета. Метеорологические и синоптические условия обледенения. Синоптический метод прогноза обледенения. Метод прогноза температуры насыщения надо льдом по формуле Годске.

Прогноз ветра в свободной атмосфере для стандартных изобарических поверхностей. Прогноз ветра на высотах на 24 ч методом Ильиной. Определение параметров струйного течения по методу Рейтера. Прогноз ветра в пограничном слое методом Петренко с учетом изменения барического поля и поправки на суточный ход скорости ветра. Метод прогноза скорости ветра Орленко с учетом стратификации атмосферы и подстилающей поверхности.

Метод Меджитова.

*Прогноз температуры и туманов.* Факторы, влияющие на изменение температуры воздуха. Адвективные изменения температуры воздуха. Изменения температуры вследствие вертикальных движений воздуха. Учет суточного хода температуры воздуха. Прогноз температуры воздуха методами Глазовой, Федуловой, Куприяновой. Прогноз максимальной температуры воздуха по данным вертикального зондирования атмосферы. 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. Прогноз радиационного тумана. Прогноз времени образования и рассеяния радиационного тумана. Прогноз радиационных туманов при сильных морозах.

*Прогноз гроз и шквалов.* 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 (1, 2, 3 варианты), свободная, вынужденная. Определение параметров конвекции. Прогноз гроз методом Решетова, Вайтинга.

Синоптические условия возникновения шквалов. Шквалы на стационарных фронтах с волнами, шквалы в тылу циклона, внутримассовые шквалы. Расчетные способы прогноза шквала: метод Решетова, Пескова-Снитковского.

### ***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.

Лучистое равновесие. Распределение температуры с высотой при лучистом равновесии.

### ***Космические и радиолокационные методы исследований в метеорологии***

*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.

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

*Исследование мезометеорологических процессов.* Классификация мезомасштабных систем. Идентификация процессов и явлений мезомасштаба по космической и радиолокационной информации.

Мезомасштабные системы мелкой конвекции. Мезомасштабные системы глубокой конвекции.

Мезомасштабная структура фронтов по данным спутниковых и радиолокационных измерений. Нефронтальные мезомасштабные вихри.

Орографически возбужденные мезомасштабные системы.

*Космические методы экологического мониторинга.* Космические системы мониторинга Земли и атмосферы. Обзор систем дистанционного зондирования. Наземный комплекс приема, обработки и распространения космической информации Росгидромета.

Спутниковый экологический мониторинг. Наземная инфраструктура мониторинга. Сетевая инфраструктура мониторинга. Компьютерные методы обработки спутниковых данных.

Мониторинг загрязнения окружающей среды. Космический мониторинг водных ресурсов. Контроль состояния растительности. Мониторинг чрезвычайных ситуаций.

### ***Современные проблемы метеорологии***

Основные закономерности опасных метеорологических процессов, обусловленные глобальными климатическими изменениями.

Современные технологии прогноза погоды.

Теплобалансовые и гидродинамические модели климатической системы.

Причины изменений климата и его колебаний в современный период.

Применение К-теории при моделировании диффузии примеси в атмосфере.

Синоптико-статистические и динамико-статистические методы агрометеорологических прогнозов продуктивности сельскохозяйственных культур. Прогноз агрометеорологических условий перезимовки сельскохозяйственных культур.

### ***Теория и методология метеорологии***

Соотношение между методологией, методом и методикой. Стадии развития науки. Переход от эмпирических исследований к теории. Определение понятия «теория». Связь объекта и предмета науки.

### **Основная литература**

1. Ермакова Л.Н. Краткосрочные прогнозы погоды: курс лекций для студентов 4 курса геогр. фак. направления подготовки «Гидрометеорология». Пермь: ПГУ, 2010, ISBN 978-5-7944-1560-5.-138.

2. Калинин Н.А., Связов Е.М. Динамическая метеорология: практикум: Учеб. пособие. Пермь: ПГНИУ, 2017, ISBN 978-5-7944-2934-3.-1.

3. Кислов А.В. Климатология: Учебник. М.: ООО «НИЦ ИНФРА-М», 2017, ISBN 9785160116945.-324.

4. Поморцева А.А. Синоптическая метеорология: практикум: Учеб. пособие. Пермь, 2014,

ISBN 978-5-7944-2424-9.-92.

5. Симакина Т.Е. Получение и обработка спутниковых снимков: Учеб. пособие для вузов. СПб.: РГГМУ, 2010.

6. Толмачева Н.И. Дистанционные методы исследования мезометеорологических процессов: Учеб. пособие. Пермь: ПГУ, 2010, ISBN 978-5-7944-1239-0.-200.

7. Толмачева Н.И. Космические методы исследований в метеорологии. Интерпретация спутниковых изображений: учеб. пособие. Пермь: ПГНИУ, 2012, ISBN 978-5-7944-1832-3.-208.

8. Толмачева Н.И. Физическая метеорология: Учебное пособие. Пермь: ПГНИУ, 2012, ISBN 978-5-7944-1833-0.-324.

9. Толмачева Н.И., Шкляева Л.С. Космические методы экологического мониторинга: Учеб. пособие. Пермь: ПГНИУ, 2012, ISBN 978-5-7944-1878-1.-2951.

10. Хромов С.П. Метеорология и климатология: Учебник. М.: МГУ, 2012, ISBN 978-5-211-06334-1.-584.

### **Дополнительная литература**

1. Аликина И.Я., Смирнов П.В. Авиационная метеорология: Учеб. пособие. Пермь, 2005, ISBN 5-7944-0495-7.-132.

2. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология: Учебник. М.: МГУ, 1974. 299 с.

3. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология: Учебник / отв. ред. П.Д. Астапенко, Л.: Гидрометеиздат, 1981. 383 с.

4. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология: Учеб. для студентов вузов. СПб.: РГГМУ, 2005, ISBN 5-86813-137-1. 328 с.

5. Бондарева Э.Д. Метеорология: дорожная синоптика и прогноз условий движения транспорта: Учебник. М.: Юрайт, 2018, ISBN 978-5-534-05045-5.-106.

6. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология: Учеб. для вузов / науч. ред. Г.Г. Тараканов. Л.: Гидрометеиздат, 1991, ISBN 5-286-00633-7.-616.

7. Долгосрочные метеорологические прогнозы: Учеб. пособие / Н.А. Багров [и др.]. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 248 с.

8. Ермакова Л.Н., Толмачева Н.И. Метеорология и климатология: Учеб. пособие. Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0857-Х.-332.

9. Зверев А.С. Синоптическая метеорология: Учеб. пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 710 с.

10. Исаев А.А. Экологическая климатология: Учеб. пособие. М.: Научный мир, 2003, ISBN 5-89176-199-8.-472.

11. Исаев А.А. Экологическая климатология: Учеб. пособие. М.: Научный мир, 2001, ISBN 5-89176-132-7.-458.

12. Калинин Н.А. Динамическая метеорология: Учебник для студентов вузов. Пермь: Перм. кн. изд-во, 2009, ISBN 978-5-904037-06-2.-256.

13. Калинин Н.А. Сверхкраткосрочные прогнозы погоды: Учебное пособие. Пермь: ПГУ, 2008, ISBN 978-5-7944-1177-5.-108.

14. Калинин Н.А., Заморин И.С., Толмачева Н.И. Метеорологические информационно-измерительные системы и комплексы: метод. Пособие. Пермь: ПГУ, 2007, ISBN 5-7944-0778-6.-334.

15. Калинин Н.А., Толмачева Н.И. Радиометеорология: Учеб. пособие для студентов. Пермь: ПГУ, 2002, ISBN 5-7944-0324-1.-100.

16. Кислов А.В. Климатология: Учебник для студентов вузов. М.: Академия, 2011, ISBN 978-5-7695-6223-5.-2211.

17. Климатология: Учебник / О.А. Дроздов [и др.]. Л.: Гидрометеиздат, 1989, ISBN 5-286-00520-9.-567.

18. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы: Учеб. для вузов. СПб.: Гидрометеиздат, 2000, ISBN 5-286-01126-8.-778.

19. Матвеев Л.Т., Матвеев Ю.Л. Облака и вихри-основы колебаний погоды и климата: монография. СПб.: РГГМУ, 2005, ISBN 5-86813-162-2.-326.

20. Поморцева А.А., Связов Е.М. Метеорологические информационные системы. ГИС Метео: практикум: Учеб. пособие. Пермь: ПГНИУ, 2017, ISBN 978-5-7944-2884-1.-1.
21. Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К. Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья. Пермь, 2016, ISBN 978-5-7944-2757-8.-116.
22. Русин И.Н., Тараканов Г.Г. Сверхкраткосрочные прогнозы погоды: Учеб. пособие для студентов вузов. СПб.: РГГМИ, 1996, ISBN 5-86813-103-7.-308.
23. Семенченко Б.А. Физическая метеорология: Учеб. для вузов. М.: Аспект Пресс, 2002, ISBN 5-7567-0167-2.-415.
24. Справочник потребителя спутниковой информации / НИЦ космической гидрометеорологии; под ред. В.В. Асмуса, О.Е. Милехина. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005, ISBN 5-286-01436-4.-114.
25. Толмачева Н.И. Методы и средства гидрометеорологических изменений (для метеорологов): учеб. пособие. Пермь: ПГУ, 2011, ISBN 978-5-7944-1623-7.-223.
26. Толмачёва Н.И., Булгакова О.Ю. Метеорологические радиолокаторы и радионавигационные системы управления воздушным движением: Учеб. пособие. Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0801-4.-154.
27. Толмачева Н.И., Калинин Н.А. Аэрология: Учебное пособие для студентов вузов. Пермь, 2011, ISBN 978-5-7944-1638-1.-336.
28. Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы: Учеб. пособие. СПб.: РГГМУ, 2006, ISBN 5-86813-030-8.-84.
29. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология: Учебник. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005, ISBN 5-286-01505-0.-490.
30. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов: научно-методическое пособие / науч. ред. А.И. Бедрицкий. Обнинск, 2008. 145 с.
31. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учеб. для студентов вузов. М.: Изд-во МГУ: КолосС, 2004, ISBN 5-211-04847-4.-582.
32. Чередниченко В.С. Радиометеорология и аэрология: Учеб. пособие / Каз. гос. нац. ун-т им. Аль-Фараби, Каз.-Рос. Славянский ун-т. Бишкек.1998, ISBN 5-655-01257-Х.-632.

*Составитель программы: доктор географических наук, профессор Н.А. Калинин.*

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