

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Российский государственный гидрометеорологический университет»  
(РГГМУ)**

**П Р О Г Р А М М А**

вступительного экзамена в аспирантуру

по научной специальности

**25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология**

Направление 05.06.01 «Науки о Земле»

**Санкт-Петербург  
2017**

## ВВЕДЕНИЕ

Вступительная программа составлена на основе базового курса «Физика атмосферы, океана и вод суши», изучаемого по специальности 280400 – Прикладная гидрометеорология. Профиль – метеорология.

В списке литературы указаны базовые учебники и учебные пособия, а также научные работы монографического характера центральных издательств, отражающие основное содержание результатов научных исследований в современных направлениях гидрологии суши, водных ресурсах и гидрохимии.

Программа разработана в Российском государственном гидрометеорологическом университете.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного экзамена по научной специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология» нацелена на то, что поступающие в аспирантуру:

**Должны знать:** состав и общие свойства атмосферы, понимать природу основных физических процессов, протекающих в них, и ее тесном взаимодействии с земной поверхностью и околоземным космическим пространством; строение, состав, свойства атмосферы, термодинамику природных сред, закономерности распространения их электромагнитного излучения, оптические и акустические явления в этих средах, физику облаков, туманов и осадков, основы динамики атмосферы;

**должны уметь:** рассчитывать гидрометеорологические величины и их распределение; выполнять наблюдения и производить измерения основных гидрометеорологических величин (температура, атмосферное давление, скорость и направление ветра, характеристики влажности и т.д.); анализировать метеорологические наблюдения с применением теоретических знаний, выполнять инженерные расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств.

## ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

### *Строение, состав, свойства атмосферы*

Предмет и метод метеорологии, ее место среди других наук и связь между ними и с различными видами земной деятельности. Основные метеорологические величины и атмосферные явления.

Состав атмосферы. Состав атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Антропогенное загрязнение атмосферы. Изменение состава воздуха с высотой.

Вертикальное строение атмосферы. Краткая характеристика тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы, экзосферы. Гомо- и гетеросфера. Озоносфера. Ионосфера. Понятие пограничного и приземного слоя атмосферы. Понятие о воздушных массах и фронтах.

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

### *Статика и термодинамика атмосферы*

Силы, действующие в атмосфере в состоянии равновесия. Уравнение статики, его следствие. Понятие локальной и полной производной метеорологических величин. Понятие градиента метеорологической величины. Барический градиент и барическая ступень. Барометрические формулы для однородной, изотермической, политропной и реальной моделей атмосфер. Практическое использование барометрических формул. Изменение плотности воздуха с высотой. Стандартная атмосфера.

Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Адиабатические процессы. Суходиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства.

Первое начало термодинамики при влажнодиабатическом процессе. Влажнодиабатический градиент, его зависимость от температуры и давления. Псевдодиабатические процессы. Эквивалентно-потенциальная и псевдопотенциальная температура, их свойства. Понятие о неадиабатических процессах.

Изменение параметров воздушной частицы при ее вертикальных перемещениях. Кривая состояния. Уровень конденсации. Уровень конвекции. Энергия неустойчивости. Аэрологическая диаграмма. Принципы построения термодинамических графиков, их использование.

Стратификация атмосферы. Критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы. Метод частицы.

### *Лучистая энергия в атмосфере*

Определение понятий и величин, характеризующих электромагнитное излучение. Понятия потока, интенсивности и инсоляции. Распределение энергии по спектру и интегральный поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы. Солнечная постоянная.

Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Закон ослабления монохроматического и интегрального потоков радиации. Функции пропускания и поглощения. Спектральные и интегральные характеристики прозрачности атмосферы. Фактор мутности. Спектральный состав солнечной радиации у земной поверхности. Особенности радиационных процессов в загрязненной атмосфере.

Прямой, рассеянной и суммарной потоки солнечной радиации. Факторы, влияющие на них. Отражение и поглощение солнечной радиации земной поверхностью. Коэффициенты отражения (альbedo) и поглощения. Альbedo различных естественных поверхностей, облаков и Земли как планеты. Суточный ход альbedo.

Длинноволновое излучение. Излучение земной поверхности и атмосферы. Распределение энергии по спектру. Радиационные свойства естественных поверхностей. Поглощение земного излучения в атмосфере. Уходящее и встречное излучение атмосферы. Эффективное излучение, факторы, влияющие на него.

Радиационный баланс земной поверхности. Радиационный баланс атмосферы. Радиационный баланс Земли как планеты. Факторы, определяющие радиационный баланс, его суточный и годовой ход.

### ***Тепловой режим почвы и атмосферы***

Теплофизические характеристики почвы, воды и воздуха. Основные законы распространения тепла в почве. Температура земной поверхности. Вертикальное распределение температуры почвы. Поток тепла в почве. Особенности распространения тепла в водоемах.

Потоки тепла в атмосфере. Уравнение приток тепла в атмосфере. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере. Коэффициент турбулентного обмена и коэффициент турбулентности. Методы его определения. Методы расчета турбулентного потока тепла. Суточный и годовой ход температуры.

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

Уравнение теплового баланса земной поверхности. Уравнение теплового баланса атмосферы и системы Земля – атмосфера.

### ***Физика воды в трех фазовых состояниях и ее свойства в атмосфере***

Условия фазовых переходов вода в атмосфере. Диаграмма фазовых состояний воды в атмосфере. Роль ядер конденсации. Образование зародышевых капель. Факторы, влияющие на ее рост. Переохлаждение капель. Образование ледяных кристаллов в атмосфере.

Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере. Испарение с земной поверхности и с поверхностей больших и малых водоемов. Равновесная относительная влажность.

Туманы. Физико-метеорологические условия образования туманов. Их классификация. Основные характеристики туманов. Модели образования и строения туманов. Прогноз радиационных туманов.

Облака. Физико-метеорологические условия образования облаков. Роль вертикальных движений различного масштаба, турбулентного перемешивания и радиационного выхолаживания в образовании облаков. Международная классификация облаков. Генетическая классификация облаков. Физические характеристики облаков: водность, размер капель; капельные, кристаллические и смешанные облака; нижняя и верхняя границы облаков, их изменчивость во времени и пространстве.

Осадки. Классификация осадков. Процессы укрупнения капель и кристаллов в облаках. Скорость роста и испарения капель. Коэффициент соударения (захвата). Роль твердой фазы в образовании осадков. Осадки из капельных, кристаллических и смешанных облаков. Особенности образования града. Наземная конденсация и осадки.

Понятие о физическом механизме воздействия на облака, туманы, осадки. Представление о способах активного воздействия и их эффективности.

## *Оптические и электрические явления в атмосфере. Акустика атмосферы*

Оптические величины. Оптические явления, связанные с рассеянием света в атмосфере. Цвет неба. Яркость небесного свода. Кажущаяся форма небесного свода, явления, с этим связанные. Освещенность земной поверхности в различное время суток. Свечение ночного неба. Яркость фона и различных поверхностей. Сумерки и заря.

Метеорологическая дальность видимости. Факторы, влияющие на нее. Дальность видимости естественных и искусственных объектов. Дальность видимости огней. Понятие о полетной и посадочной видимости. Видимость в облаках, туманах, осадках.

Причины рефракции света в атмосфере. Астрономическая и земная рефракции. Явления, обусловленные рефракцией света.

Гало, венцы, радуга и другие оптические явления.

Поверхностный заряд Земли. Ионизация воздуха. Легкие и тяжелые ионы. Электрические заряды и электрическое поле атмосферы. Проводимость атмосферы.

Ионосфера, ее основные характеристики.

Электрическое поле облаков. Основы теории грозового электричества. Электрические токи осадков. Гроза как атмосферное явление. Статистические характеристики гроз.

Общие понятия акустики атмосферы. Скорость звука. Условия распространения звуковых волн в атмосфере.

## *Динамика атмосферы*

Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения атмосферы. Установившееся движение воздуха без учета сил трения. Градиентный ветер. Геоострофического ветер. Изменение геоострофического ветра с высотой. Спираль Экмана. Градиентный ветер в циклоне и антициклоне с учетом и без учета силы трения.

Атмосфера – турбулентная среда. Динамические факторы возникновения атмосферной турбулентности. Основные характеристики турбулентности. Турбулентный поток и приток субстанции.

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

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ**

претендентов на поступление в аспирантуру  
по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология»

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру производится по пятибалльной шкале и выставляется оценка согласно критериям, приведенным в таблице.

## Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

| Оценка              | Критерии  |
|---------------------|---|
| Отлично             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li> <li>2. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности.</li> <li>3. Делаются обоснованные выводы.</li> <li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li> <li>5. Сформированы навыки исследовательской деятельности.</li> </ol>  |
| Хорошо              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</li> <li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li> <li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li> <li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li> <li>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</li> </ol> |
| Удовлетворительно   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li> <li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</li> <li>3. Имеются затруднения с выводами.</li> <li>4. Определения и понятия даны нечётко.</li> <li>5. Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</li> </ol>   |
| Неудовлетворительно | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</li> <li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li> <li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li> <li>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</li> </ol>  |

## **ВОПРОСЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ**

по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология»

1. Состав атмосферы и ее вертикальное строение.
2. Уравнение состояния сухого и влажного воздуха.
3. Уравнение статики атмосферы, вывод и анализ. Однородная, изотермическая и политропная атмосферы.
4. Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Адиабатические процессы, уравнение Пуассона и потенциальная температура.
5. Первое начало термодинамики для процессов с фазовыми переходами в атмосфере. Вывод соотношения для влажно-адиабатического градиента и его анализ.
6. Изменение состояния воздушной частицы при ее вертикальных перемещениях. Уровни конденсации и конвекции. Вертикальное ускорение при конвекции и энергия неустойчивости. Критерии устойчивости атмосферы.
7. Определение понятий и величин, характеризующих лучистую энергию. Основные законы излучения. Спектральные и интегральные потоки. Спектральный состав солнечной радиации на верхней границе атмосферы. Солнечная постоянная.
8. Ослабление солнечной радиации в атмосфере. Основные полосы поглощения в спектре солнечной радиации. Спектральные и интегральные функции пропускания. Спектральный и интегральный коэффициенты прозрачности. Фактор мутности атмосферы и его характерные значения для различных воздушных масс.
9. Излучение земной поверхности и атмосферы. Распределение энергии по спектру. Эффективное излучение и факторы его определяющие.
10. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и Земли как планеты.
11. Основные силы, действующие в атмосфере. Уравнения движения воздуха. Геострофическое приближение и геострофический ветер. Изменение геострофического ветра с высотой.
12. Атмосферный пограничный слой. Механизмы возникновения турбулентности. Основные закономерности формирования поля ветра и температуры.
13. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере, его вывод и анализ. Уравнение притока тепла в приземном слое, получение формул для расчета турбулентного потока тепла на основе градиентных измерений.
14. Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере, его вывод и анализ. Уравнение переноса водяного пара в приземном слое, получение формул для расчета испарения с поверхности на основе градиентных измерений.
15. Уравнение теплового баланса земной поверхности, его вывод и анализ. Сравнительная оценка различных составляющих теплового баланса поверхности в различное время суток и различные сезоны года.
16. Физико-метеорологические условия образования туманов. Их классификация.
17. Физико-метеорологические условия образования облаков. Их классификация.
18. Атмосферные осадки, классификация. Физика процессов укрупнения ка-

пель в облаках. Роль твердой фазы.

19. Оптические явления, связанные с рассеянием света в атмосфере.

20. Астрономическая и земная рефракции. Явления, обусловленные рефракцией света.

21. Электрическое состояние атмосферы. Ионизация воздуха. Проводимость атмосферы.

22. Электрические явления в облаках и осадках. Грозовое электричество.

### Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. *Матвеев Л.Т.* Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000.
2. *Динамическая метеорология. Под ред. Д. Л. Лайхтмана.* – Л.: Гидрометеоздат, 1976.
3. *Бройдо А. Г. и др.* Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1984.
4. *Атлас облаков. Под ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожилова.* – Л.: Гидрометеоздат, 1978.
5. *Дубровина Л. С.* Облака и осадки по данным самолетного зондирования. – Л.: Гидрометеоздат, 1982.
6. *Доронин Ю. П.* Взаимодействие атмосферы и океана. – Л.: Гидрометеоздат, 1981.

Дополнительная литература:

1. *Монин А. С.* Теоретические основы геофизической гидродинамики. – Л.: Гидрометеоздат, 1988.
2. *Городецкий О. А., Гуральник И. И., Ларин В. В.* Метеорология, методы и технические средства наблюдений. – Л.: Гидрометеоздат, 1984.
3. *Стернзат М. С.* Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 392 с.
4. *Семенченко Б.А.,* Физическая метеорология учебник – М: Аспект Пресс, 2002, - 415с.
5. *Хромов С.П., Петросянц М.А.,* Метеорология и климатология: учебник – 5-е изд. перераб. и доп. – М: изд-во МГУ, 2001 – 528с.