



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

В.Л. Михеев

2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ,
ПРОВОДИМОГО РГГМУ САМОСТОЯТЕЛЬНО**

для поступающих на программы подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре в 2022 году

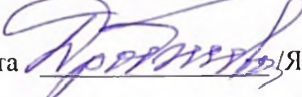
по специальной дисциплине
«Науки об атмосфере и климате»

Санкт-Петербург

2022

Программа вступительного испытания в аспирантуру обсуждена на заседании Ученого совета метеорологического факультета

Протокол от 15 апреля 2022 г. № 8

Председатель Ученого совета
Метеорологического факультета  /Я.В.Дробжева/

1. Общие положения

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине «Науки об атмосфере и климате» предназначена для поступающих на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ).

Целью вступительного испытания в аспирантуру является выявление степени подготовленности поступающего к освоению программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Программа составлена в соответствии с Федеральными требованиями предъявляемыми к программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Форма вступительного испытания

Вступительное испытание проводится очно или с применением дистанционных образовательных технологий в устной форме в соответствии с расписанием, утверждённым председателем приёмной комиссии и размещённом на официальном сайте РГГМУ.

3. Продолжительность вступительного экзамена

На выполнение заданий вступительного испытания отводится 30 минут.

4. Содержание вступительного испытания

4.1. Блок 1. «Физика атмосферы»

4.1.1. Тема «Строение, состав, свойства атмосферы». Предмет и метод метеорологии, ее место среди других наук и связь с ними. Основные метеорологические величины и атмосферные явления. Состав атмосферы. Состав атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Антропогенное воздействие на атмосферу. 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.

4.1.2 Тема «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 атмосферы. 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 влажнотермодинамическом процессе. Влажнотермодинамический градиент, его зависимость от температуры и давления. Псевдотермодинамические 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.

4.1.3. Тема «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 (альбедо) и поглощения. Альбедо различных естественных поверхностей, облаков и Земли как планеты. Суточный ход альбедо. 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.

4.1.4. Тема «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 притока 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.

4.1.5 Тема «Физика воды в трех фазовых состояниях и ее свойства в атмосфере». Условия фазовых переходов воды в атмосфере. Диаграмма фазовых состояний воды в атмосфере. Роль ядер конденсации. Образование зародышевых капель. Факторы, влияющие на её 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.

4.1.6 Тема «Оптические и электрические явления в атмосфере. Акустика атмосферы». 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.

4.1.7 Тема «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.

4.2 Блок 2 «Динамическая метеорология и математическое моделирование атмосферных процессов»

4.2.1. Тема «Силы, действующие в атмосфере». Уравнение движения атмосферы. Установившееся движение воздуха без учета сил трения. Градиентный ветер. Геострофический ветер. Изменение геострофического ветра с высотой. Спираль Экмана. Градиентный ветер в циклоне и антициклоне с учетом и без учета силы трения.

4.2.2. Тема «Турбулентность в атмосфере». 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.

4.2.3. Тема «Системы координат». Уравнения движения, сохранения массы и притока тепла в локальных декартовых координатах. Критерии подобия. Системы упрощенных уравнений, некоторые виды стационарных течений: геострофический поток, потоки Куэтта и Пуазейля. Уравнения гидротермодинамики в сферических координатах. Уравнения гидротермодинамики в системе координат, связанных с давлением. Уравнения гидротермодинамики в орографических координатах (система координат).

4.2.4. Тема «Волновые процессы в атмосфере». Инерционные волны в баротропной атмосфере (волны Россби). Гравитационно-инерционные волны в геострофическом потоке (волны Пуанкаре и Кельвина). Внутренние гравитационные волны, адаптация полей ветра и давления. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока (баротропный и бароклинный случаи). Уравнение энергии, переходы одних видов энергии в другие. Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы. Цикл Лоренца.

4.2.5. Тема «Математическое моделирование атмосферных процессов». Численный анализ синхронных метеорологических полей (методы полиномиальной интерполяции, последовательных коррекций, оптимальной интерполяции). Согласование начальных данных для прогностических моделей, четырехмерное усвоение данных. Постановка задачи численного прогноза погоды, проблема предсказуемости. Общие сведения о методах численного решения уравнений гидротермодинамики (конечноразностные, полулагранжевы и спектральные подходы). Общие сведения о параметризации физических процессов в моделях прогноза (подсеточной турбулентности, радиационных потоков, крупномасштабной конденсации, конвекции).

Блок 3. «Климатология»

4.3.1 Тема «Определение климата». Климатообразующие свойства атмосферы, мирового океана, криосферы, суши. Глобальный круговорот водяного пара. Углекислый газ в атмосфере и глобальный цикл углерода. Классификации климатов (Б.П.Алисова, В.Кеппена, Л.С.Берга, М.И.Будыко - А.А.Григорьева, Р.Холдриджа).

4.3.2 Тема «Радиационный баланс». Радиационный режим планеты Земля. Тепловой баланс климатической системы. Составляющие радиационного баланса у

поверхности Земли и факторы их определяющие. Механизмы солнечно-земных связей и их климатообразующая роль.

4.3.3 Тема «Моделирование климата». Современные климатические модели и модели Земной системы. Изменение климата. Адаптация к изменениям климата и управление глобальным климатом. Международное сотрудничество в области изучения климата. Межправительственная группа экспертов (IPCC). Проекты СМIP.

5. Структура вступительного экзамена

Вступительное испытание включает три вопроса из блоков «Физика атмосферы», «Динамическая метеорология и математическое моделирование атмосферных процессов» и «Климатология».

Вступительное испытание содержит вопросы открытого типа, к которым требуется развёрнутый ответ.

6. Примеры вопросов вступительного испытания

6.1. Блок «Физика атмосферы»

1. Состав атмосферного воздуха.
2. Изменение состава воздуха с высотой.
3. Вертикальное строение атмосферы.
4. Понятие пограничного и приземного слоя атмосферы.
5. Понятие о воздушных массах и фронтах.
6. Уравнение состояния сухого и влажного воздуха.
7. Диаграмма фазовых состояний воды в атмосфере.
8. Роль ядер конденсации.
9. Образование ледяных кристаллов в атмосфере.
10. Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере.
12. Физико-метеорологические условия образования туманов.
13. Классификация туманов.
14. Явления, обусловленные рефракцией света.
15. Ионизация воздуха.
16. Проводимость атмосферы.

6.2 Блок «Динамическая метеорология и математическое моделирование атмосферных процессов»

1. Динамические факторы возникновения атмосферной турбулентности.
 2. Турбулентный поток и приток субстанции.
 3. Приземный и пограничный слой атмосферы.
 4. Изменение скорости ветра с высотой.
 5. Суточный ход ветра.
 6. Волны Россби. Волны Пуанкаре и Кельвина.
 7. Внутренние гравитационные волны, адаптация полей ветра и давления.
 8. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока.
 10. Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы.
 11. Постановка задачи численного прогноза погоды.
 12. Уравнения гидродинамики атмосферы: характеристика и использование.
 13. Использование метода сеток для решения уравнений гидродинамики атмосферы.
 14. Полулагранжев подход к описанию адвекции.
 15. Параметризация физических процессов.
 16. Глобальные и региональные модели атмосферы.
 17. Постпроцессинг в гидродинамическом моделировании.
- Блок 6.3 «Климатология»

1. Глобальный круговорот водяного пара.
2. Углекислый газ в атмосфере.
3. Глобальный цикл углерода.
4. Классификации климатов
5. Составляющие радиационного баланса у поверхности Земли.
6. Солнечно-земные связи.
7. Современное изменение климата.
8. Современные модели Земной системы.
9. Проекты СМIP.

7. Критерии оценивания отдельных заданий и работы в целом

Все вопросы вступительного экзамена оцениваются экзаменационной комиссией раздельно, по 4-бальной шкале. Итоговая оценка за вступительный экзамен определяется на основании среднего арифметического оценок, набранных абитуриентом по каждому из двух вопросов.

Оценка ответов производится согласно критериям, приведенным в таблице.

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

Максимальное количество баллов за вступительное испытание – 4, минимальное, количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 3.

8. Список литературы, рекомендованный для подготовки к вступительному испытанию

1. Аргучинцев В.К. Динамика атмосферы // Учебное пособие. Иркутск, из-во Иркутского ун-та, — 2006. — 130 с.
2. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы – М.: 2006. –

104 с

3. Дашко Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии, Владивосток: ДВГУ, 2005 — 523 с
4. Зверев А.С. Синоптическая метеорология.-Л.:Гидрометеиздат, 1977
5. Кислов А.В., Суркова Г.В. Климатология. Учебник.– М.: Академия, 2020. –352 с.
6. Клёмин В.В., Готюр И.А. Гидродинамические прогнозы: Учебник.–СПб:Наука, 2021.–220 с.
7. Клёмин В.В., Кулешов Ю.В., Суворов С.С., Волконский Ю.Н.. Динамика атмосферы. Учебник. СПб: Наука,2013.– 421 с.
8. Матвеев Л.Т, Матвеев Ю.Л. Облака и вихри - основа колебаний погоды и климата. // СПб.: РГГМУ, 2005. — 327 с.
9. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. - СПб.: Гидрометеиздат, 2000— 778 с.
10. Русин И.Н. Арапов П.П. Основы метеорологии и климатологии. Курс лекций. // СПб.: изд. РГГМУ, 2008. — 199 с.
11. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология Учебник. М.: Наука, 2006 — 584 с.
12. Швед Г.М. Введение в динамику и энергетику атмосферы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 396 с.