

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ»**

для поступающих
на программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре в 2026 году

1. Общие положения

Программа вступительного испытания 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, утвержденным председателем приемной комиссии и размещенном на официальном сайте (<https://www.rshu.ru/university/postgrad/>)

3. Продолжительность вступительного испытания

На выполнение заданий вступительного испытания по специальной дисциплине «Науки об атмосфере и климате» отводится 45 минут (1 академический час)

4. Содержание вступительного испытания

Блок 1. «Физика атмосферы»

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.

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. Сухадиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства. Первое начало термодинамики при влажноадиабатическом процессе. Влажноадиабатический градиент, его зависимость от температуры и давления. Псевдоадиабатические 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.

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.

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.

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.

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.

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.

Блок 2 «Динамическая метеорология и математическое моделирование атмосферных процессов»

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.

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.

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 ортографических координатах (система координат).

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.

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. Научное исследование

Поступающий в аспирантуру представляет реферат по проблеме научного исследования, который является одним из условий допуска к вступительным испытаниям в аспирантуру и проходит собеседование по теме реферата. Реферат должен носить

исследовательский характер и соответствовать научной специальности. Цель реферата заключается в обнаружении у поступающего в аспирантуру необходимых теоретических знаний по избранной научной специальности и демонстрации наличия самостоятельного исследовательского мышления, а также наличия публикаций по избранному научному направлению. Текст реферата объемом 20 – 25 страниц машинописного текста должен быть написан научным языком.

Структура реферата должна включать в себя: титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованной литературы.

Оформление реферата следует выполнять на компьютере с использованием текстового редактора Microsoft Word. Размеры листа стандартные: 210x297 мм (формат А4), ориентация книжная. Поля страницы: левое - 30 мм, верхнее - 20 мм, правое - 20 мм, нижнее - 20 мм. Шрифт Times New Roman (кегель 14). Абзац должен равняться четырем знакам (1,25 см.). Межстрочный интервал - 1,5. Выравнивание - по ширине. Текст размещается на одной стороне листа.

Все графики, рисунки, диаграммы, формулы должны быть выполнены на компьютере, а в тексте должны быть ссылки на них.

5. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание включает в себя: собеседование по теме научного исследования; подготовку к ответу и сам ответ на два вопроса, которые включены в перечень вопросов вступительного испытания

6. Примеры вопросов вступительного испытания

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.
11. Физико-метеорологические условия образования туманов.
12. Классификация туманов.
13. Явления, обусловленные рефракцией света.
14. Ионизация воздуха.
15. Проводимость атмосферы.
16. Динамические факторы возникновения атмосферной турбулентности.
17. Турбулентный поток и приток субстанции.
18. Приземный и пограничный слои атмосферы.
19. Изменение скорости ветра с высотой.
20. Суточный ход ветра.
21. Волны Россби. Волны Пуанкаре и Кельвина.
22. Внутренние гравитационные волны, адаптация полей ветра и давления.
23. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока.
24. Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы.
25. Постановка задачи численного прогноза погоды.

26. Уравнения гидродинамики атмосферы: характеристика и использование.
27. Параметризация физических процессов. Глобальные и региональные модели атмосферы.
28. Постпроцессинг в гидродинамическом моделировании.
29. Глобальный круговорот водяного пара.
30. Углекислый газ в атмосфере.
31. Глобальный цикл углерода.
32. Классификации климатов
33. Составляющие радиационного баланса у поверхности Земли.
34. Солнечно-земные связи.
35. Современное изменение климата.
36. Современные модели Земной системы.

7. Критерии оценки вступительного испытания по специальной дисциплине
«Науки об атмосфере и климате»

Вступительные испытания оцениваются по пятибалльной системе. Оценка блоков вступительного испытания осуществляется в баллах. Показатели, критерии и шкала оценивания результатов прохождения вступительных испытаний приведены в таблице 1.

Максимальное количество баллов, подтверждающее прохождение вступительного испытания 100 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 40 баллов (Таблица 2).

Таблица 1

Показатели, критерии и шкала оценивания результатов прохождения вступительных испытаний

№ п/п	Блок	Критерии оценивания	Баллы
1	Блок 1 Физика атмосферы	Раскрыты основные понятия. Изложена физическая сущность явлений и процессов, происходящих в атмосфере Земли. Изложены методы расчетов турбулентного потока тепла	15
		Приведены примеры характеристик природных процессов и явлений.	10
		Проанализирован круг задач, решаемых в данной области науки, и методы их решения. Приведены примеры расчетов и прогнозов атмосферных процессов или явлений	10
		Отсутствие ответа или несоответствие ответа заданному вопросу	0
	Итого максимальное количество баллов по Блоку 1		35
2	Блок 2 Динамическая метеорология и математическое моделирование атмосферных процессов	Приведены математические формулировки, описывающие природные процессы или явления	15
		Проанализированы основные и прикладные задачи метеорологической деятельности	10
		Раскрыты основные понятия и принципы. Изложена физическая сущность явлений и процессов происходящих в атмосфере.	10
		Отсутствие ответа или несоответствие ответа заданному вопросу	0
	Итого максимальное количество баллов по Блоку 2		35

3	Блок 3. Научное исследование	Научное исследование посвящено актуальной теме и выражает научные интересы поступающего. В ответе сформулированы: проблема, цель, задачи, объект, предмет, гипотеза, методы исследования. Ответ логически выстроен, даны аргументированные выводы	15
		При собеседовании по теме научного исследования даны полные развернутые ответы, обоснована актуальность исследования	15
		Отсутствие ответа или несоответствие ответа заданному вопросу	0
	Итого максимальное количество баллов по Блоку 3		30
Итого максимальное количество баллов			100

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

Приложение

к Программе вступительного испытания,
по специальной дисциплине «Науки об
атмосфере и климате» для поступающих
на программы подготовки научных и
научно-педагогических кадров
в аспирантуре в 2026 году

Научные специальности при поступлении на которые учитываются результаты
вступительного испытания по специальной дисциплине «Науки об атмосфере и климате»

№ п/п	Шифр	Научная специальность
1	1.6.18.	Науки об атмосфере и климате