



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

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по научной специальности
1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Санкт-Петербург
2025

1. Общие положения

Программа кандидатского экзамена по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате предназначена для аспирантов и соискателей федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (далее – РГГМУ).

Целью кандидатского экзамена является определение и оценка уровня сформированности знаний, умений и навыков в области наук об атмосфере и климате.

Программа составлена в соответствии с приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 №951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» и приказом от 28.03.2014 №247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня».

2. Форма проведения кандидатского экзамена

Кандидатский экзамен проводится очно или с применением дистанционных образовательных технологий в соответствии с расписанием, утвержденным председателем экзаменационной комиссии и размещенном на странице официального сайта РГГМУ (<https://www.rshu.ru/university/postgrad/pricrep.php>). Форма проведения кандидатского экзамена – устная.

Продолжительность кандидатского экзамена 60 минут, в т.ч. 30 минут на подготовку к ответу и 30 минут на ответ.

3. Содержание кандидатского экзамена

1. Физика атмосферы. Общие сведения об атмосфере. лучистая энергия в атмосфере; тепловой режим атмосферы. Строение атмосферы. Приземный и пограничный слои. Процессы конденсации и сублимации в атмосфере, туманы облака, осадки. Оптические и электрические явления в атмосфере. Строение и физика тропосферы. Строение и физика средней атмосферы (стратосфера и мезосфера). Строение и физика верхней атмосферы (термосфера и экзосфера). Околоземное космическое пространство. Озоновый слой. Космическое и корпускулярное излучение. Акустические явления в атмосфере. Газовые примеси в атмосфере. Аэрозоль в атмосфере. Химические и фотохимические реакции в атмосфере.

2. Термодинамика атмосферы. Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Адиабатические процессы в атмосфере. Сухоадиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства. Первое начало термодинамики при влажно-адиабатическом процессе. Влажно-адиабатический градиент, его зависимость от давления и температуры. Псевдоадиабатические процессы. Энергия неустойчивости. Стратификация атмосферы. Уравнения состояния сухого и влажного воздуха. Первое начало термодинамики. Уравнение адиабаты. Влажноадиабатический градиент температуры.

3. Статика и динамика атмосферы. Силы, действующие в атмосфере в состоянии равновесия. Уравнение статики атмосферы. Плотность воздуха и ее изменение с высотой в сухом и влажном воздухе. Силы, действующие в атмосфере, вызывающие движение частицы

воздуха. Градиентный ветер. Геострофический ветер. Градиентный ветер в циклонах и антициклонах. Термический ветер.

4. Динамическая и синоптическая метеорология. Уравнения гидротермодинамики в форме законов сохранения энергии и момента количества движения. Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам теории общей циркуляции атмосферы. Потенциальный вихрь и его свойства. Конвективные процессы в атмосфере. Атмосферные колебания и волны. Энергетика атмосферы. Дальние связи в атмосфере. Динамика стратосферы и мезосферы. Взаимодействие тропосферы и стратосферы Математическое моделирование атмосферных процессов. Общие сведения о методах численного решения уравнений гидротермодинамики (конечно-разностные, полулагранжевые и спектральные подходы). Подготовка начальных данных для гидродинамических моделей атмосферы. Параметризация физических процессов в гидродинамических моделях атмосферы. Вихрь скорости движения. Уравнение вихря скорости движения в бароклинной атмосфере. Баротропная и бароклинная неустойчивость. Необходимые и достаточные условия развития неустойчивости в атмосфере. Условия образования и эволюции синоптических вихрей. Волновые процессы в атмосфере. Волны Россби. Индексы циркуляции. Длинные волны в бароклинной атмосфере. Линейные модели длинных волн в атмосфере. Нелинейные модели длинных волн. Гравитационно-инерционные волны (волны Пуанкаре и Кельвина). Уравнение энергии, переходы одних видов энергии в другие, Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы. Цикл Лоренца. Синоптический метод. Основные объекты синоптического анализа. Воздушные массы, атмосферные фронты. Циклоны и антициклоны умеренных широт. Прогноз синоптического положения. Прогноз условий погоды. Агрометеорология. Влияние метеорологических факторов на состояние почвы и растений, формирование урожая агрофитоценозов, состояние сельскохозяйственных животных, развитие и распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур. Динамические модели агрометеорологических прогнозов. Агроклиматическое районирование. Агрометеорологические прогнозы.

5. Климатология. Климат Земли и факторы, его определяющие. Общая циркуляция атмосферы и глобальное распределение метеорологических величин. Классификация климатов. Солянный климат. Радиационный режим Земли и тепловой баланс климатической системы. Глобальное взаимодействие атмосферы и океана. Явления Эль-Ниньо, Ла-Ниньо. Взаимодействие атмосферы и океана в полярных регионах. Солнечно-земные связи и их климатообразующая роль. Изменение климата. Местный климат и микроклимат. Моделирование климата. Модели земной системы и их компоненты (модели атмосферы, океана, морского льда, ледниковых щитов; модели поверхности; модели рек и озер; модели биогеохимических процессов на суше и в океане; модели процессов, определяющих изменение землепользования; модели процессов, определяющих антропогенные выбросы парниковых газов). Модельные оценки изменений климата и их воздействий на хозяйственную и экономическую деятельность. Влияние окружающей среды на климат: естественные и антропогенные факторы изменения климата. Причинно-следственные связи в Земной системе.

6. Наблюдение за атмосферой. Методы наблюдений, измерений и обработки данных об атмосфере и климатической системе. Применение радиолокационной, лазерной, спектрометрической, радио- и спутниковой аппаратуры. Ракетное, самолетное, лазерное, акустическое, спектрометрическое и микроволновое зондирование.

4. Вопросы кандидатского экзамена

1. Строение и основные процессы тропосферы: свободная атмосфера, приземный и пограничный слой.
2. Строение и физика средней атмосферы: стратосфера, мезосфера.
3. Строение и физика верхней атмосферы: термосфера, экзосфера, ионосфера.
4. Строение и физика магнитосферы и околоземного космического пространства.
5. Озоновый слой.
6. Водяной пар в атмосфере.
7. Облака в атмосфере.
8. Газовые примеси и аэрозоли в атмосфере.
9. Фотохимические процессы в атмосфере.
10. Малые примеси в атмосфере (озон, диоксид углерода, метан, гидроксид, азотистые соединения).
11. Загрязнение атмосферы.
12. Радиолокационные измерения в атмосфере.
13. Использование лазерной и спектрометрической аппаратуры для измерений метеорологических величин.
14. Применение радио- и спутниковой аппаратуры для измерения метеорологических величин.
15. Ракетное, самолетное зондирование атмосферы.
16. Акустическое, спектрометрическое и микроволновое зондирование атмосферы.
17. Энергетика атмосферы.
18. Дальние связи в атмосфере.
19. Взаимодействие стратосферы и тропосферы
20. Поглощение, рассеяние и излучения в атмосфере.
21. Парниковый эффект.
22. Космическое и корпускулярное излучение.
23. Явление Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК) и его влияние на атмосферные процессы.
24. Основные синоптические объекты: воздушные массы, атмосферные фронты, циклоны и антициклоны, в том числе блокирующие.
25. Тропические циклоны.
26. Полярные мезоциклоны.
27. Электрические явления в процессах атмосферной циркуляции.
28. Технологии мониторинга электрических процессов в атмосфере.
29. Акустические явления в атмосфере, вызываемые природными и антропогенными воздействиями.
30. Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов.
31. Физико-статистические методы прогноза погоды.
32. Сверхкраткосрочные прогнозы.
33. Предсказуемость атмосферных процессов.
34. Метеорология мегаполиса.
35. Анализа и усвоения данных наблюдений.
36. Геоинформационные системы в науках об атмосфере и климате.

37. Численные методы математического моделирования (конечно-разностные, спектральные, метод конечных элементов, метод конечных объёмов, искусственный интеллект).
38. Активные воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления.
39. Общая циркуляция атмосферы.
40. Модели земной системы и их компоненты.
41. Солярный климат.
42. Мезо- и микроклиматология.
43. Изменения климата.
44. Климатологические угрозы и адаптация к изменениям климата.
45. Технологии использования климатической информации для управления безопасностью и обеспечения устойчивого развития экономики и социальной сферы в условиях меняющегося климата.
46. Моделирование Земной системы.
47. Влияние метеорологических факторов на состояние почвы и растений, состояние сельскохозяйственных животных, развитие и распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур.
48. Агроклиматическое районирование.
49. Городская метеорология.
50. Медицинская метеорология.
51. Метеорологическое обеспечение отраслей экономики, обороны и безопасности.
52. Потенциальный вихрь и его свойства.
53. Уравнения гидротермодинамики в форме законов сохранения энергии и момента количества движения.
54. Параметризация физических процессов в гидродинамических моделях атмосферы.
55. Синоптический метод в науках об атмосфере и климате.
56. Волновые процессы в атмосфере.
57. Условия образования и эволюции атмосферных вихрей.
58. Неустойчивость в атмосфере.

5. Список литературы, рекомендуемый для подготовки к кандидатскому экзамену

1. Васильев А.А., Переведенцев Ю.П. Физическая метеорология, учебное пособие. Казань. Изд. Казан.ун-та 2017, 72 с.
2. Владимиров, В.М. Дистанционное зондирование Земли [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.]; ред. В. М. Владимиров. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 196 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506009>
3. Гордов Е.П., Лыкосов В.Н., Крупчатников В.Н. Вычислительно-информационные технологии мониторинга и моделирования климатических изменений и их последствий. Новосибирск, «Наука», 2013, 199 с.
4. Закинян Р.Г., Закинян А.Р. Динамическая метеорология. Волны в атмосфере. Учебное пособие. Ставрополь, ООО «Мир данных», 2015, 93 с.
5. Зилитинкевич С.С. Атмосферная турбулентность и планетарные пограничные слои. М., Физматлит, 2013, 251с.

6. Израэль Ю.А., Белокриницкая Л.М., Дворецкая И.В., Дорохов В.М., Захаров В.М., Иванов К.А., Крученицкий Г.М., Шепелёв Д.В., Юсипов Т.А. Сравнение наземных и спутниковых измерений общего содержания озона, Метеорология и гидрология, 2014, № 6, с.85-98.
7. Кислов А.В. Климатология. М., Изд-во МГУ, 2011, 320 с.
8. Климат Москвы в условиях глобального потепления/ под ред. А.В. Кислова. М., Изд-во Московск. ун-та, 2017, 288 с.
9. Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 2. Динамика климата. Кн.1. СПб. РГГМУ, 2016. 332 с.
10. Лобанов В.А. Лекции по климатологии. Часть 2. Динамика климата. Кн.2. СПб. РГГМУ, 2018. 377 с.
11. Лобанов В.А. Учебное пособие по региональной климатологии. СПб. РГГМУ, 2020. 170 с.
12. Лобанов В.А., А.Е.Шадурский Выделение зон климатического риска на территории России при современном изменении климата. Монография. Санкт-Петербург, издание РГГМУ, 2013. – 123 с.
13. Лобанов В.А., А.Л.Кандове, О.А.А.Шукри Методические указания по выполнению лабораторной работы: «Сценарные оценки будущего климата на основе моделей общей циркуляции атмосферы и океана и данных проекта СМIP5» Санкт-Петербург, издание РГГМУ, 2015 – 46 с.
14. Лобанов В.А., Ж.К.Наурызбаева Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия. Санкт-Петербург, Изд-во РГГМУ, 2021. 140 с.
15. Лобанов В.А., И.А.Смирнов. А.Е.Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 1. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2011. – 144 с.
16. Лобанов В.А., И.А.Смирнов. А.Е.Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 2. (учебное пособие). Санкт-Петербург, 2012. – 141 с.
17. Лобанов В.А., Кириллина К.С. Современные и будущие изменения климата Республики Саха (Якутия). Монография. Санкт-Петербург, Изд-во РГГМУ. 2019. 157с.
18. Лобанов В.А., Тощакова Г.Г. Проявление современных изменений климата на территории Костромской области. Монография. ФГБУ «Костромской центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», Кострома. 2013 – 171 с.
19. Моханакумар К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы. Изд-во Физматлит, 2011
20. Переведенцев Ю.П., Гурьянов В.В., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р. Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2017, 181 с.
21. Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В., Шанталинский К.М., Важнова Н.А. Теория общей циркуляции атмосферы. Казань: Казанский ун-т, 2013, 224 с.
22. Сборник научных трудов «90 лет Гидрометцентру России». Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2019, №4 (374), 313 с.
23. Севастьянова Л.М., Ахметшина А.С. Методы краткосрочного прогноза погоды общего назначения. -Томск: Изд-во «Курсив», 2011 266 с.
24. Тарасов Л.В. Атмосфера нашей планеты. Изд-во Физматлит, 2012
25. Толстых М.А. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. М.: Триада, 2017, 166 с.
26. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии. М.: Триада ЛТД, 2013, 1260 с.
27. Шукри О.А.А., Лобанов В.А., Хамид М.С. Современный и будущий климат Аравийского полуострова. Монография. Санкт-Петербург, Изд-во РГГМУ. 2018. 190 с.

Разработчик программы:

Анискина О.Г., к.ф.-м.н., заведующий кафедрой метеорологических прогнозов, доцент.