

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
Проректор по научной деятельности

Д.А. Токарский

« 26 »

2025 г.



Программа кандидатского экзамена по научной специальности
1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Цель:

Определить уровень сформированности знаний, умений и навыков по дисциплине «Современные тенденции наук об атмосфере и климате», способствующих формированию у аспирантов углубленных теоретических и профессиональных знаний в области науки об атмосфере и климате.

Задачи кандидатского экзамена:

- Оценка уровня сформированности углубленных профессиональных знаний и теоретических основ науки об атмосфере и климате;
- Проверка умений, а также навыков аспиранта к организации, проектированию и осуществлению гидрометеорологических исследований;
- Оценка полученных навыков в решении гидрометеорологических проблем на региональном и национальном уровнях;
- Оценка степени подготовленности аспиранта к проведению научных исследований по гидрометеорологической тематике и его готовности к самостоятельной исследовательской деятельности в области науки об атмосфере и климате.

Основные требования:

Порядок проведения кандидатского экзамена

Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной программе. Дополнительная программа утверждается на Ученом совете Института экологии и природопользования для каждого аспиранта персонально со списком вопросов по теме диссертационного исследования аспиранта (образец дополнительной программы в Приложении 1). Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 100 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов и выставляется оценка соответственно критериям оценивания.

Критерии оценивания

Результаты кандидатского экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии оценивания ответа приведены в таблице

Примерные критерии оценивания ответа аспиранта/прикрепленного лица на кандидатском экзамене

Критерии	оценка
Аспирантом даны полные, развернутые ответы на поставленные вопросы, продемонстрированы знания предмета в полном объеме учебной программы, показано глубокое освоение и осмысление дисциплины, даны исчерпывающие ответы на вопросы дополнительной части программы, приведены собственные примеры по проблематике поставленного вопроса.	отлично
Аспирантом даны полные, развернутые ответы на поставленные вопросы, продемонстрированы знания предмета в достаточном объеме учебной программы приведены примеры и даны ответы на вопросы дополнительной части программы. Ответы на основные и	хорошо

дополнительные вопросы слабо аргументированы, допускаются неточности формулировок.	
Аспирантом даны неполные, ответы на поставленные вопросы, продемонстрировано слабое знание предмета, недостаточная глубина раскрытия темы. Ответы на основные и дополнительные вопросы слабо аргументированы, содержат ошибки и неточности, формулировок, не всегда сопровождаются примерами.	удовлетворительно
Аспирантом даны поверхностные ответы на поставленные вопросы, содержащие серьезные ошибки, обнаруживающие незнание теоретических основ экологии и неумение давать аргументированные ответы. Ответы на дополнительные вопросы неверные даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя. Нарушена логика и последовательность изложения материала.	неудовлетворительно

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате

I. Физическая и теоретическая метеорология. Методы и средства гидрометеорологических измерений

1. Уравнение состояния сухого и влажного воздуха.
2. Характеристики влажного воздуха.
3. Основное уравнение статики атмосферы.
4. Сухо- и влажноадиабатические процессы и их важнейшие показатели.
5. Анализ состояния атмосферы с использованием аэрологических диаграмм.
6. Основные законы излучения и их следствие.
7. Законы ослабления прямой солнечной радиации в атмосфере.
8. Радиационный баланс подстилающей поверхности.
9. Закономерности глобального распределения температуры воздуха в тропосфере и нижней стратосфере.
10. Уравнение теплового баланса подстилающей поверхности, атмосферы и системы "Земля-атмосфера".
11. Процессы испарения. Закономерности пространственно-временного распределения испарения.
12. Физико-метеорологические условия образования туманов и дымок. Классификация туманов по физическим условиям их формирования.
13. Процессы, приводящие к образованию облаков. Классификация облаков.
14. Классификация атмосферных осадков. Осадки из облаков различного фазового состояния
15. Методы активного воздействия на облака и туманы.
16. Изменения геострофического ветра с высотой. Термический ветер.
17. Распределение вектора скорости с высотой в пограничном слое атмосферы.
18. Физические условия образования радуги и гало и их диагностическое значение.
19. Распределение электрических зарядов в грозовом облаке. Грозовые разряды.
20. Принципы деления атмосферы на слои.
21. Уравнение движения для турбулентной атмосферы.
22. Классификация волновых движений.
23. Волны Россби.
24. Основные формы и преобразования энергии в атмосфере.
25. Баротропная и бароклинная неустойчивость зонального потока.
26. Понятие и функции экологического мониторинга.
27. Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы.
28. Уравнение переноса примеси в турбулентной атмосфере.

29. Количественные характеристики загрязнения атмосферы.
30. Влияние загрязнения атмосферы на метеорологический режим больших городов.
31. Методы измерения температуры воздуха и их реализация в приборах.
32. Методы измерения давления воздуха.
33. Методы измерения влажности.
34. Современные системы радиозондирования атмосферы (МАРЛ, Вектор).
35. Акустическое зондирование атмосферы.
36. Лидарное (лазерное) зондирование атмосферы.

II. Синоптическая и авиационная метеорология. Метеорологические прогнозы

1. Синоптический анализ полей атмосферного давления и ветра; взаимосвязь полей давления и ветра; геострофический, градиентный, термический, действительный ветер; траектории воздушных частиц и их расчет.
2. Синоптический анализ полей вертикальных движений воздуха; связь вертикальных движений воздуха с полями давления и ветра; расчет вертикальных движений.
3. Синоптический анализ полей температуры и влажности воздуха; связь температуры и влажности воздуха с полями давления, ветра и вертикальных движений; расчет адвективных и трансформационных изменений температуры и влажности воздуха.
4. Синоптический анализ полей облачности и осадков; связь полей облачности и осадков с полями давления, ветра, вертикальных движений, температуры и влажности; выявление облачных систем и зон осадков, определение нижней и верхней границ облачности различных классов с помощью различных видов аэросиноптического материала.
5. Характеристики воздушных масс; Условия, очаги формирования и классификации воздушных масс.
6. Происхождение, вертикальная мощность, условия конденсации и погоды в различных воздушных массах; трансформация воздушных масс и влияние орографии на характеристики воздушных масс.
7. Особенности полей метеорологических величин в области фронта; условия образования и разрушения фронтов; основные процессы, приводящие к фронтогенезу и фронтолизу.
8. Классификации атмосферных фронтов; особенности облакообразования на различных фронтах; изменения метеовеличин и погоды, при прохождении фронтов разных типов.
9. Синоптический и объективный анализ фронтов; нарушения типичной пространственной структуры атмосферных фронтов и влияние орографии на фронты.
10. Высотные фронтальные зоны и струйные течения. Классификация струйных течений; особенности структуры, распределения вертикальных движений и облачности в области струйных течений; струйные течения нижних уровней.
11. Классификация циклонов и антициклонов; роль циклонической деятельности в системе общей циркуляции атмосферы; условия возникновения и эволюция внетропических циклонов.
12. Структура термобарического поля и погодные условия в различных стадиях развития циклона; регенерация циклонов; циклогенез и эволюция высотных фронтальных зон и струйных течений.
13. Структура термобарического поля и погодные условия в различных стадиях развития антициклона. Регенерация антициклонов.
14. Перемещение циклонов и антициклонов; орографические влияния на возникновение, эволюцию и перемещение циклонов и антициклонов.
15. Классификация метеорологических прогнозов; основные требования к методам краткосрочного прогноза погоды; практическая реализация общих принципов прогнозирования применительно к разработке методов краткосрочных прогнозов погоды; синоптическая и статистическая интерпретация результатов гидродинамических прогнозов в целях локального прогноза погоды; комплексация метеорологических прогнозов.

16. Прогноз синоптического положения. Прогноз возникновения, эволюции и перемещения внетропических циклонов и антициклонов; Прогноз перемещения и эволюции атмосферных фронтов; прогноз локальных изменений давления у поверхности земли и построение карты-схемы ожидаемого синоптического положения.
17. Прогноз ветра в приземном и пограничном слое; прогноз метелей и пыльных бурь; прогноз видимости при метелях и пыльных бурях.
18. Прогноз ветра в свободной атмосфере; прогноз горизонтального перемещения оси струйного течения; прогноз максимального ветра на оси и высоты оси струйного течения; прогноз атмосферной турбулентности и болтанки воздушных судов.
19. Прогноз температуры и влажности воздуха в приземном слое; прогноз заморозков; прогноз температуры и влажности воздуха в свободной атмосфере; построение прогностической кривой стратификации.
20. Прогноз туманов охлаждения, испарения и смешения; прогноз видимости в тумане.
21. Постановка задачи прогноза облачности при разработке прогнозов общего пользования; прогноз фронтальной неконвективной облачности и неконвективной облачности среднего и верхнего яруса.
22. Прогноз количества и высоты нижней границы внутримассовых неконвективных облаков нижнего яруса.
23. Прогноз обложных и моросящих осадков; прогноз гололеда, изморози, гололедицы; прогноз обледенения воздушных и морских судов.
24. Модели конвекции, их использование в прогностических целях; прогноз количества, высоты нижней и верхней границы конвективной облачности; прогноз гроз.
25. Прогноз количества ливневых осадков, града и шквала.
26. Влияние температуры воздуха на условия полета самолета.
27. Сдвиг ветра и его влияние на взлет и посадку самолета.
28. Постановка задачи численного прогноза, проблема предсказания.
29. Глобальная полулагранжева модель численного прогноза погоды. Система ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки. Современные прогностические технологии. Современные системы мезомасштабного прогноза погоды (негидростатические прогнозы). Гидродинамический краткосрочный прогноз погоды. Методы статистической интерпретации численных прогнозов погоды.

III. Климатология. Теория общей циркуляции атмосферы и климата

1. Современное определение понятия «Климат». Компоненты климатической системы. Прямые и обратные связи в ней. Основные климатообразующие факторы.
2. Основные климатические показатели и оценки их надежности.
3. Влияние океана и циркуляции атмосферы на распределение основных климатических характеристик. Морской и континентальный типы климата, показатели континентальности климата.
4. Принципы классификации климата. Характеристика климатических зон областей земного шара по классификации Б.П. Алисова.
5. Глобальные и региональные изменения и колебания климата в современную историческую эпоху. Антропогенное влияние на климат.
6. Полуэмпирическая энергобалансовая модель термического режима ЗКС (модель М.И. Будыко).
7. Изменения климата Земли в прошлом.
8. Моделирование современного климата с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана. Климатическая модель промежуточной сложности ИФА РАН. Глобальное потепление климата XX - XXI веков. Геоинженерия: Модельные оценки по изменению климатических характеристик в зависимости от сценариев аэрозольных эмиссий в

- стратосферу. Климат прошлого. Сценарии климата в XXI столетии. Климат планет Солнечной системы.
- Природа и структура общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Формирование зональной циркуляции. Индексы циркуляции атмосферы. Центры действия атмосферы. Гидродинамические модели общей циркуляции атмосферы и океана. Глобальная модель ОЦА и верхнего слоя океана ГГО. Модель общей циркуляции атмосферы и океана ИВМ РАН. Численные эксперименты с моделями ОЦА.

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате

Основная литература

- Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кужевская И.В. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010, 312 с.
- Барашкова Н.К., Кужевская И.В., Поляков Д.В. Классификация форм атмосферной циркуляции. Томск. Изд. Томск.ун-та, 2015, 124 с.
- Васильев А.А., Переведенцев Ю.П. Физическая метеорология, учебное пособие. Казань. Изд. Казан.ун-та 2017, 72 с.
- Гордов Е.П., Лыкосов В.Н., Крупчаников В.Н. Вычислительно-информационные технологии мониторинга и моделирования климатических изменений и их последствий. Новосибирск, «Наука», 2013, 199 с.
- Зилитиневич С.С. Атмосферная турбулентность и планетарные пограничные слои. М., Физматлит, 2013, 251с.
- Калинин Н.А. Динамическая метеорология. Пермь. Изд. Перм. гос. ун-та, 2009, 256 с.
- Калинин Н.А. Физическая метеорология [Электронный ресурс]: учебное пособие /Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2023 – 4,75 Мб; 257 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Kalinin-Fizicheskaya-meteorologiya.pdf>.
- Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. Изд. «Академия», 2016, 221 с.
- Кислов А.В. Климатология. М., Изд-во МГУ, 2011, 320 с.
- Климат Москвы в условиях глобального потепления/ под ред. А.В. Кислова. М., Изд-во Московск. ун-та, 2017, 288 с.
- Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб, Гидрометеоиздат, 2000, 778 с.
- Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань. Изд-во Казан. гос. ун-та, 2009, 504 с.
- 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.
- 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.
- Переведенцев Ю.П. Теория климата: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, И.И. Мохов, А.В. Елисеев, Н.А. Мирсаева. – Москва: изд-во КНОРУС, 2024, 192 с.
- Сборник научных трудов «90 лет Гидрометцентру России». Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2019, №4 (374), 313 с.
- Севастьянова Л.М., Ахметшина А.С. Методы краткосрочного прогноза погоды общего назначения. - Томск: Изд-во «Курсы», 2011, 266 с.
- Толстых М.А. Система моделирования атмосферы для бесшовного прогноза. М.: Триада, 2017, 166 с.
- Хабутдинов Ю.Г., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Учение об атмосфере. Казань, Изд-во Казан. гос. ун-та, 2010, 244 с.
- Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии. М.: Триада ЛТД, 2013, 1260 с.

Дополнительная литература

1. Глобальные изменения окружающей среды и климата: Учеб.пособие / Ю.П. Переведенцев; Казан.гос.ун-т, Фак. географии и геоэкологии. — Казань: Унипресс, 1998. — 63 с.
2. Журина, Л.Л. Агрометеорология [Электронный ресурс]: Учебник / Л. Л. Журина, А. П. Лосев. — СПб.: ООО КВАДРО, 2012. - 368 с., ил. - ISBN 978-5-91258-201-1. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=488075>
3. Метеорология и климатология. Учение об атмосфере / Ю.Г. Хабутдинов, К.М. Шанталинский. - Казань: Изд-во Казан.ун-та, 2000. -182 с.
4. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. – 399 с.: ил.; 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). (переплёт) ISBN 978-5-16-006463-5, 500 экз. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=391608>
5. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М. Аспект Пресс, 2002, 415 с.
6. Теория климата: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Гидрометеорология" и специальности "Метеорология" / Ю.П. Переведенцев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Рос.гос. гидрометеорол. ун-т, Казан. гос. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Казань: Казанский государственный университет, 2009. – 503 с.

Информационное обеспечение

1. Гидрометцентр РФ - <http://www.meteoinfo.ru/>
2. Всероссийский Научно-исследовательский институт Гидрометеорологической Информации - Мировой центр Данных - <http://meteo.ru/>
3. Национальный центр по предсказанию окружающей среды - <http://www.ncep.noaa.gov/>
4. Лаборатория исследования атмосферы - <http://www.arl.noaa.gov/>
5. Сайт открытой мезомасштабной модели WRF - <http://wrf-model.org/>
6. Сайт консорциума COSMO - <http://www.cosmo-model.org/>

Программа кандидатского экзамена в аспирантуру составлена на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению 05.06.01 Науки о земле.

ОБРАЗЕЦ

УТВЕРЖДАЮ
Председатель Ученого Совета
Института экологии, биотехнология и природопользования

ФИО

(подпись)

Протокол №_____ от «_____» 20____ г.

Дополнительная программа

Для сдачи кандидатского экзамена по специальности _____

(шифр и наименование специальности)
аспиранта (соискателя) кафедры_____

(ФИО аспиранта, соискателя)

Тема диссертации: «_____»

Вопросы:

1.

2.

...

15.

Литература

1.

2.

...

10.

Научный руководитель
(уч. степень, уч. звание, должность)

Ф.И.О.

Соискатель

Ф.И.О.

Рассмотрено на заседании кафедры...
Протокол №____ от _____ 20____ г.