

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ЦЕНТР ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК (НИГТЦ ДВО РАН)**



**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Направление подготовки 05.06.01 Науки о земле

Научная специальность 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате»

Петропавловск-Камчатский, 2022

Программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №951 от 20.10.2021 г., по направлению 05.06.01 Науки о земле, научной специальности 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате».

Автор: к.т.н. Иодис В.А.

Программа обсуждена и одобрена на Ученом совете НИГТЦ ДВО РАН протокол №2 от 13. апреля .2022 г.

## **1. Общие указания.**

Вступительные испытания по научной специальности 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате» охватывают стандартные разделы университетских курсов данной специальности. Разделы дисциплины, вопросы и структура экзаменационных билетов приведены ниже. Настоящая программа охватывает основные разделы научной специальности 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате».

## **2. Порядок проведения вступительных испытаний.**

Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. В каждом экзаменационном билете по 2 вопроса. Экзамен проходит в письменной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (45 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются по пятибалльной системе в зависимости от полноты и правильности ответов.

## **3. Критерии оценивания.**

Оценка поступающему за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями.

**Отлично.** Поступающий обнаружил знания, отличающиеся глубиной и содержательностью, умением дать полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные, умение свободно выполнять задания, усвоил взаимосвязь основных понятий в их значении для приобретаемой профессии, свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется полнотой, уверенностью.

**Хорошо.** Знания, продемонстрированные поступающим имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой

структурированностью; обнаружил знание вопросов, раскрыто содержание билета, но имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы, в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые поступающий способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу.

*Удовлетворительно.* Ответ отличаются поверхностностью и малой содержательностью, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета. Поступающий обнаружил знание основ специальности, но нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала; не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты; отсутствуют представления о межпредметных связях, но при этом знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

*Неудовлетворительно.* Поступающий обнаружил значительные пробелы в знаниях основ выбранной специальности, на большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена поступающий затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.

#### **4. Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате».**

1. Яркость неба в предельных случаях оптически тонкой и толстой атмосфер и её зависимость от вытянутости индикатрисы, альbedo, положения Солнца, направления визирования. Поляризация рассеянного света.

2. Определение давления и температуры из кинетической теории газов. Основное уравнение кинетической теории газов. Уравнение состояния идеального газа.

3. Малые газовые составляющие атмосферы, их роль в фотохимии атмосферы и формировании климата Земли.

3. Атмосферная рефракция. Уравнение траектории луча. Эффекты астрономической и земной рефракции. Миражи. Сплюснутость небесного свода.
4. Силы, действующие в атмосфере. Уравнение гидростатики и его обоснование. Ускорение силы тяжести.
5. Антропогенные и естественные источники и стоки малых газовых составляющих, их временные тренды.
6. Поле давления. Вертикальное распределение давления и плотности атмосферы. Высота однородной атмосферы.
7. Понятие о верхней границе атмосферы по эффекту диссипации газов. Экзосфера. Диссипация газов из атмосферы Земли. Гипотезы о происхождении планет и атмосферы Земли.
8. Модели атмосферы и их назначение. Горизонтальное распределение давления. Понятие циклона и антициклона. Первопричина возникновения барических неоднородностей, образование циркуляционной ячейки.
9. Облачные системы и аэрозоли. Счётные и объёмные распределения частиц по размерам. Классификация облаков и аэрозолей.
10. Характеристики поля собственного излучения: восходящее и нисходящее излучение и противоизлучение атмосферы, полный или эффективный поток, эффективная температура излучения. Поглощательная способность излучающей поверхности.
11. Поле температуры. Вертикальное распределение температуры и его объяснение. Разбиение атмосферы на слои на основании вертикального хода температуры (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера). Суточные, широтные, сезонные и нерегулярные вариации температуры. Электронная и ионная температуры и отличия их от температуры нейтральной составляющей.

12. Лучистый приток энергии за счет переноса собственного излучения. Роль отдельных линий и полос в тепловом режиме планетных атмосфер. Лучистый приток энергии в предельном случае оптически толстой атмосферы.

13. Методы определения структурных параметров атмосферы.

14. Стратосферный слой Юнга. Мезосферные облака. Локальные и дистанционные методы исследования аэрозолей и газового состава атмосферы.

15. Гомосфера и гетеросфера. Состав гомосферы: основные и второстепенные газы. Особенности распределения водяного пара. Состав атмосфер других планет (Меркурий, Венера, Марс, внешние планеты) и трудности его исследования.

16. Гомосфера и гетеросфера. Состав гомосферы: основные и второстепенные газы. Особенности распределения водяного пара. Состав атмосфер других планет (Меркурий, Венера, Марс, внешние планеты) и трудности его исследования.

17. Солнечное излучение. Солнечная постоянная. Распределение энергии по спектру. Строение солнца (фотосфера, хромосфера, корона) и объяснение особенностей солнечного спектра. Поглощение ультрафиолетового излучения в земной атмосфере.

18. Нейтральный состав атмосферы. Общее уравнение, определяющее распределение любой компоненты атмосферы. Диффузионное или гравитационное разделение газов. Распределение  $N_2$ . Распределение  $O_2$  и  $O_3$  в рамках фотохимической теории и с учётом молекулярной и турбулентной диффузии.

19. Классификация обратных задач атмосферной оптики. Пассивные и активные дистанционные методы измерений.

20. Понятие о фотохимическом времени жизни компоненты и времени перемешивания. Озон в атмосфере.

21. Определение вертикального профиля температуры по измерениям уходящего теплового излучения (спектральный и угловой подходы). Факторы, определяющие точность косвенных измерений.
22. Антропогенные и естественные источники и стоки малых газовых составляющих, их временные тренды.
23. Малые газовые составляющие атмосферы, их роль в фотохимии атмосферы и формировании климата Земли.
24. Определение характеристик газового состава по измерениям теплового излучения атмосферы, особенности задачи. Факторы, определяющие точность косвенного метода.
25. Антропогенные и естественные источники и стоки малых газовых составляющих, их временные тренды.
26. Понятие о верхней границе атмосферы по эффекту диссипации газов. Экзосфера. Диссипация газов из атмосферы Земли. Гипотезы о происхождении планет и атмосферы
27. Микроволновое зондирование атмосферы. Определение параметров облаков.
28. Источники и механизмы образования аэрозольных частиц. Вертикальная структура аэрозольных слоев.
29. Облачные системы и аэрозоли. Счётные и объёмные распределения частиц по размерам. Классификация облаков и аэрозолей.
30. Методы определения температуры подстилающей поверхности и её излучательных свойств. Методы учёта влияния атмосферы. Определение температуры подстилающей поверхности в облачной атмосфере.
31. Стратосферный слой Юнга. Мезосферные облака. Локальные и дистанционные методы исследования аэрозолей и газового состава атмосферы.
32. Источники и механизмы образования аэрозольных частиц. Вертикальная структура аэрозольных слоев. Стратосферный слой Юнга.

Мезосферные облака. Локальные и дистанционные методы исследования аэрозолей и газового состава атмосферы.

33. Определение характеристик атмосферы по отраженному и рассеянному солнечному излучению. Оптические методы изучения подстилающих поверхностей.

34. Гомосфера и гетеросфера. Состав гомосферы: основные и второстепенные газы. Особенности распределения водяного пара. Состав атмосфер других планет (Меркурий, Венера, Марс, внешние планеты) и трудности его исследования.

35. Нейтральный состав атмосферы. Общее уравнение, определяющее распределение любой компоненты атмосферы. Диффузионное или гравитационное разделение газов. Распределение  $N_2$ . Распределение  $O_2$  и  $O_3$  в рамках фотохимической теории и с учётом молекулярной и турбулентной диффузии.

36. Прямое солнечное излучение. Астрономические определения, связанные с движением Солнца по небесному своду. Долгота дня. Сумерки и зори. Освещённость и суточная сумма прихода солнечного излучения на поверхность земли в случае отсутствия атмосферы.

37. Передаточная функция атмосферы. Использование сумеречных явлений для дистанционного зондирования атмосферы. Определение высоты верхней границы облаков.

38. Ослабление прямого солнечного излучения в атмосфере. Понятия прозрачности и массы атмосферы. Фактор мутности.

39. Оптические методы определения вертикального профиля содержания озона. Поляризационный метод определения газового и аэрозольного состава атмосферы.

40. Освещённость земной поверхности, вклад в неё прямого и рассеянного излучения, зависимость освещённости от альбедо, вытянутости индикатрисы рассеяния, оптической толщины и зенитного угла Солнца.



41. Оптические методы определения параметров аэрозольного состава атмосферы.
42. Классификация движений атмосферы на основе величин критериев подобия. Свободная атмосфера. Планетарный пограничный слой и его приземный подслой.
43. Простейшая модель движения атмосферы в циклонах и антициклонах, циклострофический ветер, облачные поля.
44. Определение функции распределения аэрозольных частиц: метод малых углов, метод индикатрисы, метод прозрачности.
45. Геострофический и термический ветер. Зональный поток в атмосфере и планетарные струйные течения.
46. Образование, развитие и деградация внетропических циклонов. Тропические циклоны, их структура, энергетика, возникновение, перемещение и деградация.
47. Радиолокационные и лазерные методы зондирования атмосферы и подстилающей поверхности. Радиолокационные методы определения влажности облаков и интенсивности осадков. Лазерные методы определения температуры, газового состава, характеристик поля ветра, облаков и аэрозолей.
48. Условия равновесия двухфазной и трёхфазной однокомпонентной термодинамической системы. Стабильные и нестабильные состояния. Поверхностное натяжение и свободная энергия "поверхностной фазы". Условия равновесия системы газ - заряженная капля. Уравнение Дж. Томпсона.
49. Уравнение неразрывности. Уравнение движения в формах Эйлера и Рейнольдса. Тензоры давления и вязких напряжений. Уравнение энергии в разных формах. Составляющие притока тепла. Адиабатический процесс в атмосфере.

50. Замыкание системы уравнений гидродинамики планетарного пограничного слоя и приземного подслоя. Теории подобия планетарного пограничного слоя и приземного подслоя.

51. Образование и рост зародышевой капли в чистой газообразной фазе. Капли критического размера и вероятность их образования. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Упругость пара над растворами. Ядра конденсации, сублимации и кристаллизации и роль их в образовании жидкой и твёрдой фаз воды. Гетеромолекулярная конденсация. Теория Рейса.

52. Генерация турбулентных пульсаций. Турбулентные потоки массы, примеси, импульса, тепла. Тензор турбулентных напряжений.

53. Взаимодействие потока с поверхностью (шероховатость, особенности взаимодействия с водной поверхностью и растительностью). Ветер в планетарном тираничном слое (спираль Экмана). Формирование океанических течений ветрами в атмосфере.

54. Изменение размера капель и кристаллов путём молекулярной диффузии водяного пара. Типы коагуляции капель. Коэффициенты соударения, слияния и захвата или коагуляции. Эффект дробления капель. Кинетическое уравнение для распределения капель по размерам. Уравнение водности. Микрофизические характеристики облаков и туманов.

55. Полуэмпирическая теория Прандтля для турбулентных потоков, коэффициент турбулентности. Уравнение баланса турбулентной энергии. Критерии возникновения и развития турбулентности (критерии устойчивости) Рейнольдса и Ричардсона. Изменение степени турбулизации атмосферы с высотой. Турбопауза.

56. Нагревание атмосферы за счет поглощения солнечного излучения. Выхолаживание атмосферы за счет переноса собственного теплового излучения атмосферы. Адвективное и адиабатическое нагревание и охлаждение. Притоки тепла за счет фотохимических процессов, фазовых переходов и диссоциации макродвижений. Вентильный эффект в нижней

атмосфере. Вертикальное распределение температуры в модели лучистого равновесия, парниковый эффект.

57. Процессы образования облаков и туманов и классификация их по генетическому признаку. Понятие воздушной массы и фронтальной поверхности. Общая постановка задачи возникновения и развития облаков. Система уравнения для слоистого и кучевого облаков.

58. Вертикальная структура поля давления в синоптических системах, система вертикальных движений в них. Фронтальные зоны и фронты, их движение и особенности.

59. Механизмы образования осадков из водных и смешанных облаков. Искусственные воздействия на облака и туманы. Физические механизмы воздействия и их практическая реализация. Способы стимулирования термической конвекции.

60. Уравнение движения для атмосферы быстро вращающейся планеты.

61. Планетарные фронтальные зоны и воздушные массы.

62. Грозовое электричество. Заряды облачных капель и осадков, пространственное распределение зарядов в грозовом облаке. Грозовые разряды, молния и механизмы её развития.

63. Нейтральная атмосфера. Состав и строение атмосферы Земли.

64. Высотное распределение состава, плотности, давления, влажности атмосферы Земли.

65. Классификация различных областей атмосферы Земли.

66. Вертикальная структура атмосферы Земли, механизмы её формирования.

67. Энергетика и тепловой баланс Земли. Источники и стоки энергии.

68. Динамика атмосферы.

69. Теория планетарных волн, приливов и внутренних гравитационных волн Земли.

70. Модели нейтральной атмосферы Земли.

71. Особенности и характеристики средней атмосферы Земли.
72. Атмосферное электричество (общие представления) Земли.
73. Ионосфера Земли.
74. Образование ионосферных слоев Земли.
75. Фотохимические процессы в ионосфере Земли. Фотоионизация.
76. Ионизирующее излучение Солнца. Поглощающие свойства атмосферы.
77. Ионизационная функция. Фотоэлектроны.
78. Рекомбинационные процессы. Классификация реакций. Эффективный коэффициент рекомбинации. Уравнение непрерывности.
79. Образование ионосферных слоев. Уравнение простого слоя. Особенности фотохимии в областях D, E, F ионосферы.
80. Морфология ионосферных слоев. Область D. Область E.
81. Регулярный слой E. Слой E - спорадический.
82. Область F. Слой F1: морфология и механизмы образования. Особенности поведения слоя F2 ("аномалия" слоя FZ, главный ионосферный провал). Механизмы формирования слоя F2 и крупномасштабной неоднородности структуры.
83. Ионосферные неоднородности. Классификация, радиофизические и геофизические аспекты проявления (замирания радиосигналов, явление F-рассеяния и т.п.).
84. Основы теории генерации и движения неоднородностей.
85. Проводимость ионосферной плазмы. Электродинамические дрейфы в ионосфере. Принципы динамотеории. Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение. Роль диффузии в формировании основного максимума ионосферы.
86. Регулярные явления в ионосфере. Эффекты солнечных вспышек.
87. Эффекты магнитных бурь.

88. Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы. Особенности ионосферных процессов в высокоширотной ионосфере.

89. Ионосферно - магнитосферное взаимодействие.

90. Высокоширотная ионосфера. Формирование высокоширотной ионосферы.

**5. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.6.18 «Наука об атмосфере и климате».**

1.	Белан Б.Д. Озон в тропосфере. Томск: изд-во ИОА СО РАН, 2010.	3
2.	Зуев В.Е., Титов Г.А. Оптика атмосферы и климат. Томск: Спектр, 1996.	3
3.	Малкевич М.С. Оптические исследования атмосферы со спутников. М. "Наука", 1973.	2
4.	Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. Л. Гидрометеоздат, 1982	1
5.	Кислов А.А. Климат в прошлом и будущем. М. : Наука/Интерпериодика , 2001.	5
6.	Монин А.С. Введение в теорию климата.Л: Гидрометеоздат, 1982.	1
7.	Швед Г.М. Атмосферная турбулентность (Учебное пособие).	1
8.	Ландау Л.В., Лифшиц В.М. Статистическая физика. "Наука". Мир. 1964.	1
9.	Флигль Р., Бузингер Дж. Введение в физику атмосферы. "Мир". М., 1965.	1
10.	Уиттен, Поппов. Основы аэронавигации. Гидрометеоздат, Л. 1977.	1