

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по научной работе

М.Ю. Глявин

М.Ю. Глявин 2018 г.

ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по специальности

Направление подготовки
05.06.01 Науки о Земле

Направленность/профиль подготовки (специализация)
Специальность 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы»

Присваиваемая квалификация:
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Нижний Новгород

2018 год

ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы»
по физико-математическим и геолого-минералогическим наукам
(утверждена Приказом Минобрнауки России № 274 от 08.10.2007 г.)

Введение

Настоящая программа охватывает следующие базовые разделы: геофизика, строение атмосферы, динамика атмосферы и океана, физика Солнца, климатология, распространение электромагнитных и звуковых волн, физика тропосферы, средней и верхней атмосферы, основы теории вероятности и математической статистики, физические основы экологии.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по наукам о Земле.

1. Физика атмосферы и гидросферы

Литература: [12, 25, 28, 29, 36, 38, 39, 47, 53, 59, 66, 67, 69, 83]

- 1.1. Общие представления о научной специальности "Физика атмосферы и гидросферы".
- 1.2. Планета Земля в солнечной системе. Основные оболочки Земли. Гравитационное поле Земли.

2. Солнечно-земная физика

Литература: [3, 4, 6, 10, 12, 16, 22, 25, 27, 38, 39, 40, 50, 55, 56, 69, 73, 74]

Солнечно-земная физика: предмет и содержание. Место солнечно-земной физики в ряду естественных наук, характер решаемых общетеоретических и философских задач. Геофизическая служба; роль солнечно-земной физики в народном хозяйстве. История. Международные геофизические проекты.

3. Физика Солнца и межпланетной среды

Литература: [3, 12, 21, 22, 33, 35, 39, 45, 52, 64, 65, 66, 83, 88, 93]

- 3.1. Солнце как переменная звезда. Место Солнца на главной последовательности Герцшпрунга - Рессела.
- 3.2. Строение Солнца.
- 3.3. Атмосфера Солнца.
- 3.4. Происхождение хромосферы и короны.
- 3.5. Солнечное электромагнитное излучение, распределение энергии в потоке солнечного излучения, солнечная постоянная.
- 3.6. Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле. Происхождение, основные характеристики и их вариации.
- 3.7. Солнечная активность: пятна, факелы, радиоизлучение, корональные дыры, транзиенты, солнечные вспышки, вариации спектра электромагнитного излучения.
- 3.8. Индексы солнечной активности.
- 3.9. Космические лучи в межпланетном пространстве. Происхождение космических лучей, взаимодействие космических лучей с атмосферой Земли. Классификация вариаций космических лучей. Методы регистрации интенсивности космических лучей.

4. Постоянное магнитное поле

Литература: [53, 59, 71, 83]

Происхождение главного геомагнитного поля. Структура геомагнитного поля. Описание геомагнитного поля, его графическое представление, магнитная съемка, магнитные карты. Аналитическое представление магнитного поля, теория Гаусса, основы потенциального анализа. Геомагнитные измерения. Вековые геомагнитные вариации. Палеомагнетизм.

5. Физика магнитосферы

Литература: [1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 30, 39, 41, 45, 49, 52, 57, 70, 80, 83, 86, 87, 88, 91, 93, 96, 97, 98]

- 5.1. Формирование магнитосферы; перенос энергии, вещества и импульса от солнечного ветра в магнитосферу. Структура магнитосферы. Магнитосферная конвекция. Электрические поля. Токи во внешней магнитосфере. Электрические поля и токи в плазмосфере. Теория атмосферного динамо.
- 5.2. Геомагнитные вариации. Связь геомагнитного поля и состояния магнитосферы с параметрами солнечного ветра.
- 5.3. Частицы и волны в магнитосфере. Геомагнитные пульсации. Очень низкочастотное излучение. Движение частиц в электромагнитных полях.
- 5.4. Плоские волны в холодной плазме. Гидромагнитные волны. Неустойчивость плазмы. Собственные колебания магнитосферы. Наблюдения волн в плазме, солнечного ветра и магнитосферы. Естественные электромагнитные излучения.
- 5.5. Геомагнитные пульсации. Классификация. Механизмы генерации и распространения пульсаций. Гидромагнитная диагностика. Спутниковые и наземные наблюдения пульсаций, связь их с другими геофизическими явлениями. Генерация и распространение ОНЧ-излучений в магнитосфере Земли. Классификация ОНЧ-излучений. Связь с физическими процессами в магнитосфере.
- 5.6. Взаимодействие магнитосферы с верхней атмосферой. Высокоширотная ионосфера.
- 5.7. Радиоаврора. Морфология, классификация и механизмы образования.
- 5.8. Полярные сияния. Морфология полярных сияний. Дискретные формы, фоновое свечение. Географическое распределение. Суббури в полярных сияниях. Спектры свечения ночного неба и полярных сияний. Механизмы возбуждения основных эмиссий.
- 5.9. Магнитосферные возмущения. Бури, суббури и микросуб-бури. Морфология. Повторяемость пространственно-временной структуры суббурь и их фазы.
- 5.10. Индексы геомагнитной активности.

6. Физика средней и верхней атмосферы

Литература: [4, 6, 9, 10, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 31, 34, 37, 39, 42, 46, 54, 56, 58, 60, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 79, 81, 83, 95]

- 6.1. Нейтральная атмосфера. Состав и строение атмосферы Земли. Высотное распределение состава, плотности, давления, влажности. Классификация различных областей атмосферы. Вертикальная структура атмосферы, механизмы ее формирования. Энергетика и тепловой баланс. Источники и стоки энергии. Динамика атмосферы. Общая циркуляция атмосферы на ионосферных уровнях, уравнения движения нейтральной атмосферы. Теория планетарных волн, приливов и внутренних гравитационных волн. Модели нейтральной атмосферы. Особенности и характеристики средней атмосферы. Атмосферное электричество (общие представления).
- 6.2. Ионосфера. Образование ионосферных слоев. Фотохимические процессы в ионосфере. Фотоионизация. Ионизирующее излучение Солнца. Поглощающие свойства атмосферы. Ионизационная функция. Фотоэлектроны. Рекомбинационные процессы. Классификация реакций. Эффективный коэффициент рекомбинации. Уравнение непрерывности. Образование ионосферных слоев. Уравнение простого слоя. Особенности фотохимии в областях *D*, *E*, *F* ионосферы.
- 6.3. Морфология ионосферных слоев. Область *D*. Область *E*. Регулярный слой *E*. Слой *E* - спорадический. 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. Ионосферные неоднородности. Классификация, радиофизические и геофизические аспекты проявления (замирания радиосигналов, явление *F*-рассеяния и т.п.). Основы теории генерации и движения неоднородностей. Динамический режим ионосферы и взаимодействие различных слоев (сводка экспериментальных данных). Внешняя ионосфера и экзосфера. Плазмосфера и ее роль в формировании ионосферы.
- 6.4. Процессы переноса в ионосферной плазме. Уравнения движения электронов и ионов. Взаимодействие с нейтралами. Проводимость ионосферной плазмы. Электродинамические

дрейфы в ионосфере. Принципы динамотеории. Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение. Роль диффузии в формировании основного максимума ионосферы.

6.5. Нерегулярные явления в ионосфере. Эффекты солнечных вспышек. Эффекты магнитных бурь. Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы. Особенности ионосферных процессов в высокоширотной ионосфере. Ионосферно - магнитосферное взаимодействие.

6.6. Высокоширотная ионосфера. Формирование высокоширотной ионосферы. Корпускулярная ионизация, механизмы образования регулярной ионосферы. Ионосферные неоднородности, механизмы формирования ионосферных неоднородностей. Структура высокоширотной ионосферы. Геофизическое районирование (субавроральный провал, главный ионосферный провал, ионосфера авроральной зоны, ионосфера полярной шапки).

6.7. Сведения об ионосферах других планет солнечной системы.

6.8. Глобальные изменения окружающей среды и климата (общее представление). Проблема глобального потепления. Парниковый эффект. Проблема озона. Связь вариаций озона с внутриагосферными, гелио-, геофизическими и антропогенными факторами. Солнечно-атмосферные связи. Долговременные вариации параметров верхней атмосферы.

6.9. Экспериментальные исследования верхней и средней атмосферы.

6.9.1. Радиофизические методы исследования. Основы теории распространения электромагнитных волн в ионосферной плазме. Метод вертикального радиозондирования (наземный и спутниковый варианты). Наклонное зондирование. Возвратно-наклонное зондирование. Метод частичных отражений. Кросс-модуляция и нелинейные эффекты при распространении радиоволн в ионосферной плазме. Измерение поглощения радиоволн в ионосфере. Метод некогерентного рассеяния. Эксперименты по распространению радиоволн с использованием ракет и ИСЗ (метод дисперсионного интерферометра, фарадеевское вращение плоскости поляризации и т.п.). Метод разнесенного приема и его модификации. Радиолокация метеорных следов и искусственных образований.

6.9.2. Оптические методы исследований. Свечение ночного неба (эмиссии 5577 А и 6300 А). Серебристые облака. Полярные сияния. Исследования в оптическом диапазоне со спутников (космический мониторинг).

6.9.3. Другие методы наблюдений за состоянием верхней атмосферы. Прямые измерения параметров ионосферной плазмы с помощью ИСЗ и ракет (зондовые, масс-спектрометрические, инъекционные). Акустический метод. Инфразвуковые измерения.

6.9.4. Особенности экспериментальных исследований высокоширотной ионосферы (радиофизические, оптические, магнитные, ракетно-спутниковые).

7. Избранные разделы математической статистики и численного анализа.

Литература: [8, 13, 14, 15, 16, 24, 32, 43, 44, 48, 51, 61, 62, 63, 82, 85, 89, 90, 92, 94]

7.1. Элементы теории вероятностей. Основные определения. Согласование экспериментальных данных. Определение числовых характеристик и законов распределения. Построение доверительных интервалов и проверка гипотез.

7.2. Обработка экспериментальной информации. Корреляционный анализ. Спектральный анализ. Регрессионный анализ. Фильтрация и выделение скрытых периодичностей. Метод наименьших квадратов. Аппроксимация. Сплайны. Фрактальный анализ. Построение эмпирических формул. Разложение в ряд по заданной системе функций (тригонометрических, сферических) и по естественным ортогональным функциям (главным компонентам). Методы пространственной интерполяции физических полей.

Основная литература

1. Акасофу С.И. Полярные и магнитосферные суббури. М.: Мир, 1971.
2. Акасофу С.И. Физика магнитосферных суббурь (на англ. яз.). Бостон, 1977.
3. Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1974-73. Т. 1 и 2.
4. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.А., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его применение. Гидрометиздат, 1992.
5. Альперт Я.Л. Волны и искусственные тела в приземной плазме. М.: Наука, 1974.

6. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. Наука, 1972.
7. Альвен Г., Фельтхаммар К.-Г. Космическая электродинамика. М.: Мир, 1967.
8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976.
9. Афраймович Э.Л. Интерференционные-методы радиозондирования ионосферы. М.: Наука, 1982.
10. Бауер З. Физика планетных ионосфер. Мир, 1976.
11. Базарджапов А.Д., Матвеев М.И., Мишин В.М. Геомагнитные вариации и бури. Наука, 1979.
12. Бакунин П.И. Курс общей астрономии. Наука, 1966.
13. Бахвалов Н.С. Численные методы. М., 1973.
14. Бендат Дж.С., Пирсол А.Г. Измерения и анализ случайных процессов. М., 1971.
13. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Наука, 1966.
16. Библиографические указатели. // Международный геофизический год. М.: Изд. АН СССР, 1954-63.
17. Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам. М.: Радиосвязь, 1985.
18. Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988.
19. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Гидрометиздат, 1987.
20. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Гидрометиздат, 1980.
21. Витинский Ю.И. Солнечная активность. Наука, 1983.
22. Витинский Ю.И., Оль А.И., Сазонов Б.А. Солнце и атмосфера Земли. Гидрометиздат, 1976.
23. Галкин А.И., Ерофеев Н.М., Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Ионосферные измерения. Наука, 1971.
24. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. Л.: Гидрометиздат, 1963.
25. Геофизический бюллетень. М.: Наука, 1958-74. № 1-27.
26. Гершман Б.Н., Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д., Чернобровкина Н.А. Явление F-рассеяния в ионосфере. М.: Наука, 1984.
27. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. Физматгиз, 1947.
28. Грушанский Н.П. Теория фигуры Земли. 1963.
29. Гусев А.М. Свободная конвекция в атмосфере и океане. МГУ, 1978.
30. Гульельми А.В., Троицкая ВА Геомагнитные пульсации и диагностика магнитосферы. М.: Наука, 1973.
31. Данилов А.Д., Казимировский Э.С., Вергасова Г.В., Хачикян Г.Я. Метеорологические эффекты в ионосфере. Л.: ГИМИЗ, 1987.
32. Дженкинс Г.М., Ватте Д.Г. Спектральный анализ и его приложение. М., 1971-72.
33. Дорман Л.И. Вариации космических лучей. М.: Наука, 1981.
34. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. Мир, 1973.
35. Зирин. Г. Солнечная атмосфера. М.: Мир, 1969.
36. Жаров В.Н., Трубицын В.П., Самсоненко В.В. Физика Земли и планет. Наука, 1971.
37. Жеребцов Г.А., Мизун Ю.Г., Мингалев В.С. Физические процессы в полярной ионосфере. М.: Наука, 1988.
38. Жеребцов Г.А. От магнитно—метеорологических наблюдений до проблем солнечно—земной физики. // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. Наука, 1986. Вып. 76.
39. Иванов-Холодный Г.С., Никольский Г.М. Солнце и ионосфера. Физ-матгиз, 1969.
40. Ионосферно-магнитная служба. / Под ред. Авдюшина С.И. и Данилова А. Д. Гидрометиздат, 1987.
41. Исаев С.И., Пудовкин М.И. Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли. Л.: Наука, 1972.
42. Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Движения в ионосфере. Наука, 1979.
43. Калиткин Н. Н. Численные методы.
44. Кендалл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981.
45. Коваленко В.А. Солнечный ветер. М.: Наука, 1983.

46. Кошелев В.В., Климов Н.Н., Сутырин Н.А. Аэрономия мезосферы и нижней термосферы. М.: Наука, 1983.
47. Магницкий В. А. Внутреннее строение и форма Земли. Наука, 1965.
48. Мейндоналд Дж. Вычислительные алгоритмы в прикладной статистике. М.: Финансы и статистика, 1988.
49. Мишин В.М. Спокойные геомагнитные вариации и токи в магнитосфере. Новосибирск: Наука, 1976.
50. Национальная программа по космической погоде, FCM-P31-1997, США, Вашингтон, 1997.
51. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982.
52. Паркер Е. Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир, 1965.
53. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. Мир, 1986.
54. Перов С.П., Хргиан АХ. Современные проблемы атмосферного озона. Гидрометиздат, 1980.
55. Повзнер А.Д. К истории организации Международного геофизического года. // История и методология естественных наук. МГУ. 1961 -67. Вып. 3.
56. Поляков В.М., Щепкин Л.А., Казимировский Э.С., Кокоуров В.Д. Ионосферные процессы. Наука, 1968.
57. Пономарев Е.А. Механизмы магнитосферных суббурь. М.: Наука, 1985.
58. Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. Мир, 1975.
59. Рикитаки Т. Электромагнетизм и внутреннее строение Земли. Недра, 1968.
60. Ришбет Г., Гарриот О. Введение в физику ионосферы. ГМИЗ, 1975.
61. Смирнов Н.В., Дудин—Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математическая статистика для технических приложений. М.: Наука, 1965.
62. Тихонов АН., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1972.
63. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. М.: Мир, 1981.
64. Уиттен Р., Поппов И. Основы аэрономии. ГМИЗ, 1977.
65. Поток энергии Солнца и его изменения. / Под ред. Уайта О. Мир, 1980.
66. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Гидро-метиздат, 1982.
67. Хргиан АХ. Физика атмосферы. Гидрометиздат, 1970.
68. Хргиан АХ. Физика атмосферного озона. Гидрометиздат, 1973.
69. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. Введение в их физику и химию. М., 1981.
70. Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. М.: ИЛ. 1963.
71. Щепкин Л.А, Климов Н.Н. Термосфера Земли. М.: Наука, 1980.
72. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Наука, 1964. Часть 1 и 2.
73. Annals of the International Geophysical Year. London, New York, Paris: Pergamon Press. V. 2a, 2b.
74. Sullivan W. Assault on the unknown. The International Geophysical Year. London, New York, Toronto: McGraw Hill Book Co, Inc., 1961.

Дополнительная литература

75. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.Е. и др. Волновые явления в ионосферной и космической плазме. М.: Физматгиз, 1984.
76. Принципы построения динамических моделей верхней атмосферы. / Под ред. Гинзбурга Э.И. М.: Гидрометиздат, 1989.
77. Гульельми АВ. МГД-волны в околоземной плазме. М.: Наука, 1979.
78. Данилов АД. Химия ионосферы. ГИМИЗ, 1967.
79. Иванов-Холодный Г.С. (ред. пер. с англ.) Физика верхней атмосферы Земли. ГИМИЗ, 1971.
80. Кринберг И.А., Тащилин А.В. Ионосфера и плазмосфера. М.: Наука, 1984.
81. Кринберг И.А и др. Аддитивная модель ионосферы. Наука, 1986.
82. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. Физматгиз, 1961.
83. Митра С.К. Верхняя атмосфера. ИЛ, 1955.

84. Омхольт А. Полярные сияния. М.: Мир, 1974.
85. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Л.: Гидрометиздат, 1972.
86. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики. Наука, 1966.
87. Пудовкин М.И., Распопов О.М., Клейменова Н.Г. Возмущения электромагнитного поля Земли. Л.: Изд. ЛГУ, 1975-76. Ч. 1 и 2.
88. Тверской Б.А. Динамика радиационных поясов Земли. М.: Наука, 1968.
89. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М., 1974.
90. Фадеев Д.К., Фадеева В.Н. Вычислительные методы линейной алгебры. 1963.
91. Хесс В. Физика магнитосферы. Мир, 1974.
92. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. М.: Сов. радио, 1980.
93. Шабанский В.П. Явления в околоземном пространстве. М.: Наука, 1972.
94. Щиголев Б.М. Математическая обработка результатов наблюдений. Физматгиз, 1962.
95. Johnson R.M., Kileen T.L. The Upper Mesosphere and Lower Thermo-sphere: A Review of Experiment and Theory. // Geoph. Monographs, AGU, USA 1995, V. 87, 356 p.
96. Tsurutani B.T., Gonsalez W.D., Kamide Y., Arballo J. Magnetic Storms. // Geoph. Monographs, AGU, USA, 1997, No. 18.
97. Nishida A., Baker D.N., Cowley S.W.H. New Perspectives on the Earth's Magnetotail. AGU, USA 1996.
98. Song B.U. Sonnerup M.F. Tomsen. Physics of the Magnetopause. // Geoph. Monographs. AGU, USA, 1995, V. 90.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по научной работе

М.Ю. Глявин

"август" 2018 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
кандидатского экзамена по специальности**

Направление подготовки
05.06.01 Науки о Земле

Направленность/профиль подготовки (специализация)
Специальность 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы»

**Присваиваемая квалификация:
Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Нижний Новгород

2018 год

Физика атмосферы

Часть I. Структура и динамика атмосферы

0. Система уравнений, описывающих динамику атмосферы.

1. Равновесная вертикальная структура основных термодинамических параметров атмосферы.

1.1. Гидростатическое равновесие. 1.2. Радиационное равновесие. Парниковый эффект. 1.3. Сухо- и влажноадиабатические вертикальные градиенты температур. Термодинамическая устойчивость. Конвекция.

2. Движения атмосферы планетарного масштаба.

2.1. Система уравнений, описывающих движения планетарного масштаба.

2.2. Геострофические движения. Геострофический и градиентный ветры. Термический ветер. Фронты. Струйные течения. 2.3. Приливы. 2.4. Меридиональная циркуляция (ячейка Гадлея).

2.5. Планетарные волны (волны Россби). Описание с помощью “сферических” мод.

Приближенное описание с помощью уравнения потенциального вихря. Приближение β -плоскости. 2.6. Взаимодействие планетарных волн со средне-зональным течением. Стратосферные потепления и квази-двухлетние колебания.

3. Движения синоптических масштабов.

3.1. Бароклинная неустойчивость. 3.2. Баротропная неустойчивость. 3.3. Вихри (циклоны и антициклоны) в атмосфере. 3.4. Роль синоптических движений в глобальной циркуляции атмосферы.

4. Внутренние гравитационные волны. Турбулентность. Турбулентный перенос.

4.1. Внутренние гравитационные волны. Основные источники и характеристики.

Критический слой. 4.2. Общее представление о теории турбулентности Колмогорова-

Обухова. 4.3. Природа и описание атмосферной турбулентности. Напряжения Рейнольдса.

Полуэмпирический подход к описанию турбулентности. 4.4. Коэффициенты турбулентного переноса атмосфере Земли.

Часть II. Радиационный перенос, малые химические составляющие, озоновый слой.

1. Радиация.

1.1. Уравнение переноса излучения. Законы Кирхгофа. 1.2. Модели радиационного равновесия атмосферы. Парниковый эффект. Конвекция. 1.3. Ослабление (поглощение и рассеяние) солнечного излучения. Основные линии поглощения малых составляющих в оптическом и микроволновом диапазонах. 1.4. Тепловые эффекты излучения.

1.5. Фотохимические эффекты излучения.

2. Малые составляющие и химия атмосферы.

2.1. Основные малые составляющие и их роль в формировании структуры атмосферы. 2.2. Модель Чепмена формирования озонного слоя. Антропогенные факторы, влияющие на состояние слоя. 2.3. Основные причины возникновения “озонных дыр” в полярной нижней стратосфере в зимне-весенний период.

Часть III. Облака и осадки. Аэрозоли

1. Микрофизика формирования частиц облаков.

1.1. Равновесное давление пара над каплями растворов. 1.2. Нуклеация. Роль фонового аэрозоля. 1.3. Механизмы роста капель (конденсация, коагуляция броуновская и гравитационная) 1.4. Рост ледяных кристаллов.

2. Осадки.

2.1. Образование осадков. (Механизмы Вегенера-Бержерона и коагуляции.)

2.2. Классификация облаков и осадков. Распределение осадков на земном шаре.

3. Аэрозоли.

3.1. Источники аэрозольной компоненты земной атмосферы. 3.2. Распределение аэрозоля по высоте. Скорость оседания аэрозоля. Слои аэрозоля в атмосфере. Распределение частиц аэрозоля по размерам. 3.3. Эффекты рассеяния и поглощения света атмосферным аэрозолем. Экстинкция (закон Бугера). Рассеяние Ми. Рэлеевское рассеяние.

Часть IV. Атмосферное электричество

1. Глобальная электрическая цепь.

1.1. Происхождение и распределение ионов, проводимость. 1.2. Профиль напряженности электрического поля в атмосфере. 1.3. Генераторы атмосферного электричества.

2. Грозовое электричество. Механизм электризации облачных частиц. Электрические разряды (молния). Влияние разрядов на концентрации малых составляющих.

Часть V. Методы экспериментального исследования атмосферы радиофизическими методами

1. Физические механизмы, лежащие в основе современных дистанционных методов.

2. Наземные, зондовые, баллонные, самолетные и спутниковые методы наблюдения.

3. Исследования параметров атмосферы с помощью естественных внешних источников излучения (“на просвет”).

4. Исследование атмосферы активными методами в оптическом и микроволновом диапазонах.

5. Собственное излучение атмосферы и методы исследования, основанные на его регистрации.

Часть VI. Ионосфера Земли

1. Ионосфера, D, E, F области, их происхождение. Эффективный коэффициент рекомбинации.

2. Ионный состав.

3. Влияние ионосферы на распространение радиоволн: Ленгмюровская частота; Электромагнитные волны в изотропной плазме; Обыкновенные и необыкновенные нормальные волны в магнитоактивной плазме (показатели преломления и поляризация при продольном и поперечном распространении); Точки отражения и резонансы; Свистящие атмосферерики.

Часть VII. Магнитосфера

1. Магнитное поле Земли.

1.1. Главное магнитное поле, магнитные карты. Происхождение главного поля

1.2. Вековые вариации, инверсии.

2. Понятие о магнитосфере и областях радиации.

3. Полярные сияния и их происхождение.

4. Свечение ночного неба. Понятие о механизмах возбуждения основных эмиссий.

Литература

I. Основная литература

1. Флигль Р., Бузингер Дж. Введение в физику атмосферы. -М.: Мир, 1965.

2. Хргиан Д.Х. Физика атмосферы. Изд. 2. т.1, 2 -Л.: Гидрометеиздат, 1978 (Главы V-VII, XII-XIX, XXI, XXII).

3. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. М.: Мир, 1981 (Главы I, V)

4. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М: Мир, 1981 (Главы I, VI, XII, XIII).

7. Холтон Дж. Р., Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1979 (Главы 2, 3, 4) .

8. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988 (Глава 6).

9. Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М.: Мир, 1978 (Главы 2, 5, 10, 11).

10. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987 (Главы 4, 5, 6).

11. Solomon S. Progress towards a qualitative understanding of Antarctic ozone depletion. Nature, v.347. p.p.347-354. 1990.

12. Solomon S. The mystery of the Antarctic ozone “hole”. Reviews of Geophysics, v.26, n. 1, p.p. 131-148, 1988.

13.. Мучник В.М. Физика грозы. Л.: Гидрометеиздат, 1979.

14. Юман М., Молния, М.: Мир, 1972.
15. Чалмерс Дж. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1979.
16. Sinhc A., Toumi R. Tropospheric ozone, lighting, and climate change. Journal of Geophysical Research, v.102, n. D9, p.10667-10672, 1997.
17. Лазерный контроль атмосферы, под ред. Хинкли Э.Д. -М.: Мир, 1979.
18. Спектральные исследования космического и атмосферного электричества. Сб. научн. трудов под ред. Кислякова А.Г., Изд. ИПФ АН СССР, 1979.
19. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.:Наука, 1967 (Глава3).

II. Дополнительная литература

1. Маров М.Я., Колесниченко А.В., Введение в планетную аэрономию, М.: Наука, 1987.
2. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1979.
3. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере. Под ред. Б. Хоскинса, Р. Пирса, М.: Мир, 1988.
4. Гинзбург Э.И., Гуляев В.Т., Жалковская Л.В. Динамические модели свободной атмосферы. Новосибирск: Наука, 1987.
5. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. М.: Мир. 1984. т.т. 1,2.
6. Мак-Ивен М., Филлипс Л., Химия атмосферы. М.: Мир, 1978.
7. Турбулентность (принципы и применения). Под ред. У. Фроста, Т. Моулдена, М.: Мир, 1980.
8. Мазин И.П., Шметер С.М. Облака (строение и физика образования). Л.: Гидрометеиздат, 1983.
9. Райст П. Аэрозоли. М.: Мир, 1987.

Физика гидросферы

Часть 1. Динамика моря

1. Течения (4 часа)

Уравнения движения (Эйлера, Лагранжа, Навье—Стокса, Рейнольдса). Уравнение неразрывности, уравнение гидростатики. Силовые поля в океане, вызывающие течения. Понятие о баротропности и бароклинности океана. Геострофические течения. Экмановские пограничные слои. Ветровая крупномасштабная циркуляция океана. Основные течения в океане (Гольфстрим, Куроисио, экваториальное противотечение). Динамика русловых потоков.

2. Водные массы и вертикальная структура океана (2 часа)

Основные закономерности формирования и изменчивости полей температуры, солености и плотности вод. Климат океана. Причины стратификации и вертикальная структура вод океана; закономерности ее формирования. Пространственно-временная изменчивость гидрофизических полей. Водная масса, ее основные характеристики. Трассеры водных масс. Классификация водных масс. Условия формирования и закономерности распространения основных водных масс океанов. Промежуточные, глубинные и придонные водные массы океанов. Водные массы окраинных и внутренних морей. Особенности структуры вод отдельных океанов. Межокеанский «конвейер». Водные массы и меридиональный перенос тепла и пресной составляющей в океанах. Климатическая изменчивость характеристик водных масс. Тонкая структура гидрофизических полей, механизмы ее генерации.

3. Ветровые волны (6 часов)

Основы гидродинамической теории поверхностных гравитационных и гравитационно-капиллярных волн. Дисперсия, дисперсионные уравнения, фазовая и групповая скорость волн. Короткие и длинные волны. Линейные и нелинейные волны. Энергия волн и ее поток. Ветровые волны: статистические и спектральные методы описания. Механизмы генерации ветровых волн и законы их развития. Методы расчета элементов и спектральных характеристик ветровых волн. Ветровые волны открытого океана и прибрежной зоны, их трансформация у берегов; ветровая зыбь. Основные механизмы генерации ветровых волн. Статистическое описание взволнованной поверхности. Развитие волнение. Автомодельные спектры и распределения вероятностей ветрового волнения. Спектральные методы расчета

ветровых волн. Обрушение волн и насыщение спектра. Трансформация ветровых волн на мелководье и течениях. Ветровая рябь. Зыбь. Индуцированные течения в приповерхностном слое.

4. Длинные волны в океане (4 часа)

Длинные гравитационные волны. Уравнения мелкой воды. Длинные нерегулярные длиннопериодные волны — сейши, барические волны, штормовые нагоны. Топографический захват волновой энергии (волны Кельвина, Пуанкаре и др.) и частотные свойства шельфа. Резонансные колебания в бухтах и гаванях (сейши, тягуны). Наводнения. Волны цунами, их возникновение, распространение, накат на берег. Районирование побережья по степени цунамиопасности. Приливные волны в океане; приливообразующие силы. Статическая и динамическая теории приливов и их современное развитие. Приливные течения. Приливы открытого океана, морей и прибрежной зоны. Приливные карты и их анализ.

5. Волны Россби и синоптические вихри в океане (4 часа)

Квазигеострофическое приближение. Приближение бета-плоскости. Баротропный радиус деформации Россби. Планетарные и топографические волны Россби. Волны в тропической зоне. Экваториальные волны. Баротропная и бароклинная неустойчивость. Баротропные и бароклинные волны Россби. Метод контурной динамики.

6. Внутренние волны (4 часа)

Внутренние волны на границе двух сред. Внутренние волны в океане с непрерывной стратификацией. Элементы нелинейной теории внутренних волн. Взаимодействие внутренних волн с течениями в океане. Генерация внутреннего прилива при трансформации баротропного прилива на континентальном шельфе. Механизмы генерации и диссипации мелкомасштабных внутренних волн. Взаимодействие внутренних волн с ветровым волнением (кинематический, пленочный и каскадный механизмы).

7. Транспорт примесей и наносов (2 часа)

Основные уравнения для примеси. Диффузия примеси в стратифицированном океане. Дрейф льда. Пленки поверхностно - активных веществ и их влияние на взволнованную морскую поверхность. Размывы дна и эрозия берегов под действием волн и течений.

8. Теория турбулентности (4 часа)

Гидродинамическая неустойчивость. Неустойчивость тангенциального разрыва. Неустойчивость плавного плоскопараллельного потока жидкости. Уравнение Орра-Зоммерфельда и уравнение Рэлея. Теорема Рэлея об устойчивости плоскопараллельного потока идеальной жидкости. Развитая турбулентность. Гипотезы Колмогорова о статистических свойствах мелкомасштабной турбулентности при больших числах Рейнольдса. Инерционный интервал. Закон 2/3. Уравнения Рейнольдса. Уравнение баланса турбулентной энергии. Полуэмпирические теории турбулентности. Примеры турбулентных геофизических потоков (логарифмический пограничный слой, слой Экмана). Влияние плотностной стратификации на характеристики турбулентности.

Часть 2. Радиофизические методы исследования морей и внутренних водоемов

2.1. ВВЕДЕНИЕ (1 час)

Океан как объект дистанционного зондирования. Задачи дистанционного зондирования. Физические поля и физические эффекты, лежащие в основе методов дистанционного зондирования. Проблема интерпретации данных.

2.2. ОПТИКА МОРЯ.

1. Распространение света в мутной среде. (4 часа)

Фотометрические характеристики поля излучения. Мутная среда и ее оптические характеристики. Оптические характеристики шероховатых поверхностей. Уравнение переноса излучения (УПИ). Теорема оптической взаимности. Представление светового поля заданных источников через функцию Грина. Приближенные методы решения УПИ. Оптические свойства морской воды

3. Распространение света в воде от естественных искусственных источников. (2 часа) .

Солнечный свет в море. Ослабление облученности с ростом глубины. Спектральный коэффициент яркости морской поверхности, факторы, определяющие цвет моря. Ослабление мощности и уширение узкого светового пучка при прохождении через водный слой.

Распределение яркости от точечного изотропного источника и его связь с распределением облученности в узком световом пучке. Распространение и рассеяние коротких световых импульсов в воде. Закон спада отраженного водой лазерного импульса.

6. Дистанционное оптическое зондирование океана. (4 часа)

Оптическая диагностика ветрового волнения. Определение содержания биологического вещества в воде по спектру отраженного морем солнечного света. Лазерная диагностика океана: уравнение лидарного зондирования, определение оптических характеристик воды по сигналу обратного рассеяния, лидарный метод наблюдения внутренних волн, лазерная флуориметрия воды, лазерная батиметрия. Подводное видение. Дальность визуальной видимости (теория Дантли – Прайзендорфера). Подводное телевидение. Уравнение переноса изображения. Уравнения для определения дальности действия и разрешающей способности электронных систем видения.

2.3. АКУСТИКА МОРЯ.

1. Звуковые волны в море. (2 часа)

Волновое уравнение. Плоские, сферические и цилиндрические волны. Отражение и преломление звука на границе вода-воздух и вода – морское дно. Закон Снеллиуса. Формула Френеля. Полное внутреннее отражение. Основные факторы, определяющие скорость звука в морях и океанах. Лучевое описание звукового поля в море. Рефракционные явления при распространении звука в море. Зоны конвергенции и зоны тени. Понятие об океаническом волноводе. Собственные волны в акустическом волноводе. Интерференция звуковых волн.

2. Статистические явления при распространении звука в море. (1 час)

Рассеяние акустических волн на случайных неоднородностях. Флуктуации амплитуды и фазы. Объемные, поверхностные и донные неоднородности. Теория поверхностной, донной и объемной реверберации.

3. Методы генерации и формирования акустического поля в море, методы приема и обработки акустических сигналов. (4 часа)

Излучатели и излучающие антенны. Пьезокерамические, электромагнитные и электродинамические излучатели. Параметрическое излучение звука в море. Гидрофоны и приемные антенны. Акустические шумы в море, происхождение и спектральный состав. Спектральная и корреляционная обработка сигналов в присутствии шумов. Акустическая томография и акустическая термометрия океана. Гидролокация. Пассивная и активная гидролокация. Уравнение дальности гидролокации. Понятие о методах подводной акустической связи, эхолокации рыбных косяков, съемки рельефа дна и определения глубины места.

2.4. РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНА И КОСМИЧЕСКАЯ ОКЕАНОГРАФИЯ.

1. Рассеяние радиоволн морской поверхностью (1 час)

Метод малых возмущений. Приближение Кирхгофа. Двухмасштабная модель поверхности.

2. Радиометрические методы диагностики океана. (2 часа)

Связь между радиационной и термодинамической температурой поверхности океана. Влияние атмосферы, поверхностно-активных пленок, ветровых волн и приповерхностного инверсного слоя на работу радиометров. Многоканальная радиометрия. Точность радиометрических измерений. Радиометрическая диагностика ветрового волнения. Критические резонансные явления в собственном излучении шероховатой поверхности. Методика определения характеристик гравитационно-капиллярных волн. Дистанционное обнаружение нефтяных пленок.

2. Исследование океана методами активной радиолокации. (3 часа)

Регистрация изменчивости уровня поверхности океана (морского геоида). Проявление течений и синоптических процессов в сглаженном рельефе морской поверхности.

Возможности спутниковых радиовысотометров (альтиметров).

Радиоскаттерометры. Измерение статистических характеристик ветровых волн.

Теоретические основы скаттерметрии. Удельная эффективная поверхность рассеяния моря в зависимости от характеристик ветрового волнения, частоты, поляризации и угла скольжения электромагнитной волны. Методика измерения дисперсии возвышений, высоты

значительного волнения и уклонов поверхности, пространственного спектра волнения, скорости и направления приводного ветра. Определение балльности моря по доплеровским спектрам радиолокационных отражений. Возможности радиолокаторов с синтезированной апертурой. Регистрация волн зыби, поверхностных проявлений внутренних волн и нефтяных пленок. Механизмы проявления волн зыби, внутренних волн и нефтяных пленок в радиолокационных изображениях морской поверхности. Точности измерения радиолокационных контрастов.

Литература

1. Океанология, Физика океана, Том 1-2 под ред. В.М. Каменковича и А.С. Мони́на. М., Наука, 1978 г.
2. Филиппс О.М. Динамика верхнего слоя океана, Л. Гидрометеиздат, 1980 г.
3. Красицкий В.П., Монин А.С. Явления на поверхности океана Л. Гидрометеиздат, 1985г.
4. Миропольский Ю.З. Динамика внутренних волн в океане. Л. Гидрометеиздат, 1981 г.
5. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т.1-2. М. Мир, 1984.
6. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Т.1-2. М. Мир, 1981.
7. Монин А.С., Озмидов Р.З. Океанская турбулентность, Л. Гидрометеиздат, 1981 г
8. Озмидов Р.З. Диффузия примесей в океане, Л. Гидрометеиздат, 1981 г
9. Пелиновский Е.Н. Нелинейная динамика волн цунами. Горький, ИПФ АН СССР, 1982
10. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М. Наука, 1986.
12. Оптика океана / Под. Ред. А.С. Мони́на. М.: Наука, 1983.
13. Том 1. Физическая оптика океана. 371 с. Том 2. Прикладная оптика океана. 240 с.
14. Ерлов Н.Г. Оптика моря / Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 248 с.
15. Иванов А. Введение в океанографию / Пер. с франц. М.: Мир, 1978. 574 с.
16. Иванов А.П. Физические основы гидрооптики. Минск: Наука и техника, 1975. 503 с.
17. А. Исимару. Распространение и рассеяние волн в случайно неоднородных. М.: Мир, 1981.
18. Л.А.Апресян, Ю.А.Кравцов. Теория переноса излучения. М.: Наука, 1983.
19. Э.П.Зеге, А.П.Иванов, И.Л.Кацев. Перенос изображения в рассеивающих средах. Минск: Наука и техника, 1985.
20. Л.С. Долин, И.М. Левин. Справочник по теории подводного видения. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 230 с.
21. Р. Межерис. Лазерное дистанционное зондирование. М. Мир, 1987.
22. А.Ф.Бункин, Д.В.Власов, Д.М.Миркамилов. Физические основы лазерного аэрозондирования поверхности земли. Ташкент, Издат. Фан. Узб. ССР, 1987.
23. Исакович М.А. Общая акустика. М. Наука, 1973.
24. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. Перевод с англ. Под ред. Е.Л. Шендерова. Л. Судостроение. 1978.
25. Клей К., Медвин Г. Акустическая океанография. М. Мир. 1980.
26. Акустика океана. Под ред. Дж. Де Санто. М. Мир. 1982.
27. Распространение звука во флуктуирующем океане. Под ред. С. Флатте. М. Мир. 1982.
28. Басс Ф.Г., Фукс И.М. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. М. Наука. 1972.
29. Зубкович С.Г. Статистические характеристики радиосигналов, отраженных от морской поверхности. М. Сов. Радио. 1968.
30. Радиолокационные методы исследования Земли. Сб. под ред. Ю.А. Мельника. М. Сов. Радио. 1980.
31. Дистанционные методы исследования океана. Сб. под ред. Д.М. Браво-Животовского, Л.С. Долина. Горький. ИПФ АН СССР. 1987.
32. Приповерхностный слой океана: физические процессы и дистанционное зондирование. Сб. под ред. Е.Н. Пелиновского и В.И. Таланова. Нижний Новгород. ИПФ РАН. 1999.