

**Программа дисциплины «Теория общей циркуляции атмосферы»
Автор: проф. Г.С.Ривин**

Цель освоения дисциплины:

- обучение студентов современным методам теории общей циркуляции атмосферы, применяемым при решении различных задач, связанных с крупномасштабными атмосферными процессами;
- выработка у студентов знания характеристик крупномасштабных процессов в атмосфере, современных методов их исследования, причин возникновения и развития;
- изучить методы моделирования процессов в атмосфере с реализацией их на компьютере с применением пакета MATLAB (MATrix LABoratory, <http://www.mathworks.com>) фирмы MathWorks).

Задачи:

- дать представления о методах исследования крупномасштабных атмосферных процессов с помощью фильтрованных гидродинамических моделей атмосферы;
- освоить основные концепции теории баротропной и бароклиной неустойчивости;
- овладеть методами исследования свойств решений фильтрованных моделей атмосферы;
- дать представление о разработке компьютерной модели атмосферы с применением современных математических пакетов.

Место в структуре ООП:

Дисциплина «Теория общей циркуляции атмосферы» является обязательным профессиональным курсом для магистрантов (направление подготовки 021600.68 «Гидрометеорология», метеорология). Общая трудоемкость курса равна 144 часам (4 з.е). Общий объем аудиторных занятий по курсу составляет 52 часа лекций. На самостоятельную работу отводится 92 часа. Завершается курс зачетом. Дисциплина преподается в 1-ом семестре 1 курса магистратуры.

Предмет изучения – система крупномасштабных воздушных течений над Землей и другими планетами. Метод ее исследования основан на изучении свойств соответствующих фильтрованных гидродинамических моделей атмосферы. Поэтому освоения данной дисциплины основано на знании физической метеорология, химии атмосферы, динамической метеорологии, климатологии, численных методов анализа и прогноза погоды и базовых физико-математических дисциплин (физика, гидромеханика, дифференциальное исчисление, теория дифференциальных уравнений, теория вероятности и математической статистики, основы программирования и базовое владение компьютером).

В результате освоения дисциплины магистрант должен

- **знать:** основные характеристики общей циркуляции атмосферы и современные методы их исследования;
- **уметь:** решать методические задачи с помощью пакета MatLab;
- **владеть:** теоретическими знаниями теории общей циркуляции атмосферы; аналитическими методами исследования различных проблем теории общей циркуляции атмосферы; методами моделирования для решения различных проблем теории общей циркуляции атмосферы.

Содержание

Раздел 1. Введение.

Тема 1. Цель курса и его содержание.

Определение термина "общая циркуляция атмосферы". Современные системы наблюдений и методы реанализа. Характеристика основных свойств общей циркуляции атмосферы на основе современных баз данных реанализа.

Тема 2. Современные методы исследования теории общей циркуляции атмосферы.

Понятие о телеконнекции. Технология проведения моделирования на компьютере: реализация метода на языке программирования, математические библиотеки, системы и пакеты программ.

Раздел 2. Геофизическая гидродинамика

Тема 3. Система полных уравнений гидротермодинамики атмосферных процессов и система уравнений геофизической гидродинамики.

Тема 4. Использование различных систем вертикальных и горизонтальных координат.

Раздел 3. Применение пакета MatLab в задачах моделирования атмосферных процессов

Тема 5. Решение методических задач общей циркуляции атмосферы с помощью пакета MatLab.

Тема 6. Решение методических задач общей циркуляции атмосферы с помощью пакета MatLab.

Раздел 4. Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы

Тема 7. Баротропная и бароклинная неустойчивость.

Тема 8. Необходимые и достаточные условия развития неустойчивости в атмосфере.

Тема 9. Теорема Релея - Го.

Тема 10. Теорема Чарни - Стерна.

Раздел 5. Цикл Лоренца.

Тема 11. Формы энергии: доступная потенциальная и кинетическая энергии.

Тема 12. Превращения энергии, диссипация и генерация. Диаграмма Лоренца для среднегодовых условий.

Раздел 6. Модели общей циркуляции атмосферы (ОЦА)

Тема 13. Основные уравнения.

Параметризация физических процессов. Конечно-разностная и спектральная аппроксимация уравнений.

Тема 14. Методы численного интегрирования.

Сравнение структуры различных моделей. Использование моделей для решения различных проблем теории ОЦА. Преобразование энергии в моделях ОЦА.

Раздел 7. Предсказуемость поведения атмосферы

Тема 15. Динамические режимы атмосферной циркуляции. Существование аттрактора.

Тема 16. Механизмы бифуркации и блокирующих ситуаций в атмосфере. Среднесрочный прогноз погоды.

Раздел 8. Взаимодействие атмосферы и океана в тропиках

Тема 17. Введение в теорию Южного колебания.

Тема 18. Влияние Эль-Ниньо – Южное Колебание на изменчивость атмосферной циркуляции.

Раздел 9. Теория общей циркуляции стратосферы

Тема 19. Цикл Лоренца для стратосферы. Вертикальное взаимодействие тропосферы и стратосферы, теорема Чарни-Дрезина.

Тема 20. Теория квазидвухлетних колебаний. Проблема влияния солнечной активности на общей циркуляции атмосферы.

Раздел 10. Общая циркуляции атмосферы на других планетах

Тема 21. Теория подобия планетных атмосфер. Основные закономерности динамики атмосфер Марса, Венеры, планет-гигантов.

Тема 22. Теория Большого Красного Пятна на Юпитере.

Раздел 11. Современные тенденции развития теории общей циркуляции атмосферы.

Тема 23. Международные проекты, направленные на изучение общей циркуляции атмосферы, и их результаты.

Тема 24. Современные тенденции развития теории общей циркуляции атмосферы.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М.: Мир, 1986. Т. 1, 397 с., Т. 2, 415 с.
2. Должанский Ф.В. Лекции по геофизической гидродинамике. М.: ИВМ РАН, 2006, 378 с.
3. Дымников В.П. Устойчивость и предсказуемость крупномасштабных атмосферных процессов. М: ИВМ РАН, 2007, 237 с.
4. Кислов А.В. Климатология. М.: Издательский центр «Академия», 2011, 224 с.
5. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы (адиабатические инварианты и их применение). СПб.: Гидрометеоиздат, 1993, 168 с.
6. Хант Б., Липсмен Р., Розенберг Д. MATLAB: официальный курс Кембриджского университета. М: Триумф, 2008, 351 с.
7. Källberg, P., P. Berrisford, B. Hoskins, A. Simmons, S. Uppala, S. Lamy-Thépaud and R. Hine. ERA-40 Atlas. ERA-40 Project Report Series, 19, 2005, 191 p.
(/ <http://www.ecmwf.int/publications/>).
8. Warner T. Numerical Weather and Climate Prediction. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 526 p.

Дополнительная литература:

1. Володин Е.М. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы. Курс лекций. М: ИВМ РАН, 2007, 89 с.
2. Дикий Л.А. Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы. Л., Гидрометеоиздат, 1976, 108 с.
3. Динамика климата (под ред. С.Манабе). Л., Гидрометеоиздат, 1988, 574 с.
4. Динамика погоды (под ред.С.Манабе). Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 418 с.
5. Дробышев В.И., Дымников В.П., Ривин Г.С. Задачи по вычислительной математике. М: Наука, 1980, 144 с.
6. Дымников В.П. Избранные главы теории устойчивости динамики двумерной несжимаемой жидкости. М: ИВМ РАН, МФТИ (ГУ), 2004, 140 с.
7. Кетков Ю., Кетков А., Шульц М. MATLAB 7: программирование и численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 752 с.
8. Курбаткин Г.П., Дегтярев А.И., Фролов А.В. Спектральная модель атмосферы, инициализация и база данных для численного прогноза погоды. СПб.: Гидрометеоиздат, 1994, 184с.

9. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б., Лыкосов В.Н., Галин В.Я. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1984, 320 с.
10. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики Л.: Гидрометеоиздат, 1988, 423 с.
11. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. Т.1,2. М: Мир,1984, с.811.
12. Холтон Дж. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1979, 224 с.
13. Kalnay E. Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University press. 2003. 341 p.
14. Holton J., Hakim G. An Introduction to Dynamic Meteorology, 5th Edition. Academic Press, 2012, 552 p.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://journals.ametsoc.org> - сайт с бесплатным открытым доступом к журналам Американского метеорологического общества (за исключением полных текстов статей, опубликованных за предыдущих 2 года);
2. <http://www.tellusa.net/index.php/tellusa/issue/archive> - сайт с бесплатным открытым доступом к журналу Tellus A;
3. <http://www.tellusb.net/index.php/tellusb/issue/archive> - сайт с бесплатным открытым доступом к журналу Tellus B;
4. <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jmsj> - сайт с бесплатным открытым доступом к журналу Японского метеорологического общества;
5. <http://meteo-geofak.narod.ru/ssylki.htm> - ссылки на сайты с метеорологическими данными;
6. <http://www.meteoinfo.ru/> - сайт ФГБУ “Гидрометцентр России”.
7. <http://www.inm.ras.ru/> - сайт Института вычислительной математики РАН, содержащий электронные версии указанных в списке литературы книг Володина Е.М., Должанского Ф.В., Дымникова В.П.
8. <http://www.ipcc-data.org> – международный центр распределения данных.
9. http://www-pcmdi.llnl.gov/projects/model_intercomparison.php - сайт с документацией международного сравнения моделей общей циркуляции атмосферы;
10. <http://www2-pcmdi.llnl.gov/> - сайт с программными средствами для визуализации и представления результатов сравнения моделей общей циркуляции атмосферы
11. <http://www.mathworks.com/moler/> - сайт с электронными книгами К.Молера (C.Moler) по численным экспериментированию с пакетом MATLAB (в том числе с аттракторами Лоренса и с моделью мелкой воды)