

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан геолого-географического факультета

_____ *Г.М. Татьянин*

« _____ » _____ *2011 г.*

ТЕОРИЯ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ
Рабочая программа

Направление подготовки **020600 – Гидрометеорология**

Магистерская программа **021600.68.05 – Метеорология**

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения очная

Томск 2011

ОДОБРЕНО кафедрой метеорологии и климатологии
Протокол № _____ от « _____ » _____ 2011 г.

Зав. кафедрой, профессор _____ Г.О. Задде

Рекомендовано методической комиссией
геолого-географического факультета

Председатель комиссии, доцент _____ Н.И. Савина
« _____ » _____ 2011 г.

Рабочая программа по дисциплине «Теория общей циркуляции атмосферы» составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 021600 – Гидрометеорология квалификация «магистр» (приказ Минобрнауки России № 539 от 20.05.2010 г.).

Общий объем дисциплины 144 часа. Из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 28 часов, самостоятельная работа студентов – 82 часа.

Экзамен в 9 семестре.

Общая трудоемкость дисциплины 4 зачетных единицы

Составитель: Барашкова Надежда Константиновна – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии.

Рецензент: Кижнер Любовь Ильинична – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии.

1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «Теория общей циркуляции атмосферы» является получение знаний об основах теории формирования общей циркуляции атмосферы (ОЦА) Земли, о современных математических моделях ОЦА и океана и результатах численных экспериментов.

2. Место дисциплины в структуре магистерской программы

Дисциплина «Теория общей циркуляции атмосферы» относится к профессиональному циклу и читается в 1-ом семестре магистратуры. Дисциплина призвана дать выпускникам знания, необходимые для понимания основных закономерностей глобальной циркуляции атмосферы, теоретических методов изучения процессов ОЦА.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Теория общей циркуляции атмосферы»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО магистратуры по направлению Гидрометеорология:

а) общекультурных (ОК):

- понимать и глубоко осмысливать философские концепции естествознания, место естественных наук в выработке научного мировоззрения; владеть основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени (ОК-1);

- владеть знанием современных компьютерных технологий и самостоятельно использовать их для решения задач профессиональной деятельности и в новых областях знаний (ОК-3);

б) профессиональных (ПК):

- творчески использовать знания о современных достижениях и проблемах гидрометеорологии в сфере профессиональной деятельности (ПК-1);

- уметь анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных компьютерных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность (ПК-5);

- владеть навыками практической работы в коллективе, способностью к профессиональной адаптации, к обучению новым методам исследования и технологиям, ответственностью за качество выполняемых работ (ПК-11).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основы геофизической гидродинамики, уравнения и количественные соотношения, необходимые для описания ОЦА;

1.	Введение	1	1	2			2	Устный опрос
2.	Геофизическая гидродинамика	1	2-3	4			10	Проверка конспекта
3.	Термический режим атмосферы	1	4	2	8		2	Сдача лаб. раб.
4.	Вихревые движения в атмосфере	1	5-6	4			4	Устный опрос
5.	Волновые движения в атмосфере	1	7	2	8		2	Сдача лаб. раб.
6.	Энергетика атмосферы	1	8	2	4		4	Сдача лаб. раб.
7.	Трехмерные модели ОЦА и океана	1	9-11	6			12	Проверка конспекта
8.	Предсказуемость поведения атмосферы	1	12	2			4	Устный опрос
	Промежуточная аттестация	1	13	2				Контр. работа
9.	Взаимодействие атмосферы и океана	1	14	2	4		4	Сдача лаб. раб.
10.	Теория общей циркуляции верхней атмосферы	1	15-16	4	4		8	Проверка реферата
11.	Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы	1	17	2			4	Устный опрос
	Подготовка к экзамену						22	
	Итоговая аттестация	1					4	Экзамен
	Всего часов			34	28		82	

4.2. Содержание разделов дисциплины

1. Введение

Создание теории общей циркуляции атмосферы – одна из важнейших задач современной метеорологии и геофизики. Обзор развития и современное состояние теории ОЦА. Международные проекты, направленные на изучение ОЦА.

2. Геофизическая гидродинамика

Уравнения гидротермодинамики в форме законов сохранения энергии и момента количества движения. Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам теории ОЦА. Потенциальный вихрь и его свойства. Зональная циркуляция атмосферы (модели Н.Е. Кочина и Е.Н. Блиновой). Результаты первых численных экспериментов по ОЦА.

3. Термический режим атмосферы

Распределение температуры воздуха по высоте при лучистом равновесии. Роль турбулентного обмена в формировании термического режима атмосферы.

4. Вихревые движения в атмосфере

Вихрь скорости движения. Уравнение вихря скорости движения в бароклинной атмосфере. Баротропная и бароклинная неустойчивость. Необходимые условия развития неустойчивости в атмосфере. Теоремы Рэлея-Го, Чарни-Стерна. Условия образования и эволюции синоптических вихрей.

5. Волновые движения в атмосфере

Волны Россби. Индексы циркуляции. Длинные волны в бароклинной атмосфере. Линейные модели длинных волн в атмосфере. Нелинейные модели длинных волн.

6. Энергетика атмосферы

Основные формы и превращения энергии. Доступная потенциальная энергия. Зональная и вихревая энергия. Энергетический цикл Лоренца. Диаграмма превращений энергии в атмосфере Северного полушария.

7. Трехмерные модели общей циркуляции атмосферы и океана

Система исходных уравнений и алгоритм их решения. Глобальная система усвоения данных наблюдений о состоянии атмосферы. Начальные условия, включая состояние подстилающей поверхности. Параметризация физических процессов (солнечная и длинноволновая радиация, облачность; турбулентные потоки импульса, тепла и влаги, фазовые превращения водяного пара в атмосфере; конвекция; тепло- и влагообмен в почве; верхний слой океана). Методы численного интегрирования и анализ результатов. Модели Гидрометцентра РФ, ГГО, зарубежные модели. Международная программа сравнения атмосферных моделей (AMIP).

8. Предсказуемость поведения атмосферы

Предел детерминистской предсказуемости состояния атмосферы. Результаты исследования проблем предсказуемости (Мусаеляна Ш.А., Мюнина А.С., Лоренца Э.Н., Дж. Чарни, Дж. Шуклы, Дж. Смагоринского). Среднесрочный прогноз погоды (модели Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды и Гидрометцентра РФ).

9. Взаимодействие атмосферы и океана

Глобальное взаимодействие атмосферы и океана. Введение в теорию Южного колебания. Явления Эль-Ниньо, Ла-Ниньо. Изменчивость характеристик атмосферы и океана в годы их проявлений. Северо-

Атлантическое колебание. Взаимодействие атмосферы и океана в полярных регионах.

10. Теория общей циркуляции верхней атмосферы

Волновой механизм вертикального взаимодействия тропосферы и стратосферы. Теорема Чарни-Дрезина. Зимнее стратосферное потепление. Взаимодействие волн с зональным потоком. Экваториальные стратосферные волны. Теория квазидвухлетних колебаний. Проблема влияния солнечной активности на состояние верхней атмосферы.

11. Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы

Теория подобия для циркуляции планетных атмосфер. Основные закономерности динамики атмосфер Марса, Венеры, планет-гигантов, выявленные экспериментально и путем численного моделирования за последние годы.

Заключение

Перспективы развития теории ОЦА.

5. Образовательные технологии

В учебном процессе, помимо чтения лекций, которые составляют 25% аудиторных занятий, используются активные и интерактивные формы (составление опорных конспектов, в том числе с элементами глоссария, написание реферата). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Для закрепления знаний студентов по отдельным разделам дисциплины «Теория общей циркуляции атмосферы» проводятся лабораторные занятия, целью которых является формирование навыков расчета характеристик состояния ОЦА с использованием отечественных моделей. Выполнению работы предшествует сдача в устной форме теории по теме работы. Закрепление лекционного курса требует проведения коллоквиумов по наиболее важным разделам

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Для текущей и промежуточной аттестации магистров в семестре выполняется проверка опорных конспектов, письменной контрольной работы и защита рефератов по основным разделам дисциплины.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Эволюция учения об общей циркуляции атмосферы, начиная с основополагающей работы Хэдли (1735 г).
2. Основные международные проекты, направленные на изучение ОЦА.

3. Система уравнений гидротермодинамики, используемая при моделировании ОЦА. (Составление опорного конспекта с элементами глоссария).

4. Потенциальный вихрь и его свойства.

5. Муссонная циркуляция.

6. Длинные волны в атмосфере, основные количественные соотношения для расчета их характеристик.

7. Индексы циркуляции.

8. Энергетический цикл в атмосфере. Каковы причины выделения доступной потенциальной энергии как отдельного вида энергии?

9. Параметризация физических процессов подсеточного масштаба в моделях ОЦА.

10. Возможности современных моделей ОЦА для прогноза погоды. Укажите наиболее совершенные модели в России и за рубежом

(Составление опорных конспектов по ряду современных глобальных моделей).

11. В чем причина ограниченной предсказуемости атмосферных процессов?

12. Поясните сущность процесса блокирования зонального переноса. Каковы его проявления в Западной Сибири?

13. Какие явления характеризуют глобальное взаимодействие атмосферы и океана?

14. Почему в холодный период происходит усиление взаимодействия между тропосферой и стратосферой?

(Написание реферата по отдельным разделам теории циркуляции верхней атмосферы).

15. Влияние гелиофизических процессов на состояние ОЦА.

16. Основные отличия в ОЦА на планетах Солнечной системы.

Темы лабораторных занятий

Цикл лабораторных работ позволяет приобрести навыки расчета характеристик состояния ОЦА с использованием отечественных моделей.

Наименование работы :

Раздел дисциплины:

1. Теория формирования зональных полей температуры.

3

1.1. Модель И.А. Кибеля.

1.2. Модель Е.Н. Блиновой.

2. Длинные волны в атмосфере.

5

3. Блокирующие антициклоны

5

4. Оценка запасов различных видов энергии в атмосфере.

6

5. Геодинамические показатели ОЦА.

10

Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ раздела

Дисциплины

Содержание

1. Подбор учебной и научной литературы по дисциплине.
2. Составление опорного конспекта с элементами глоссария.
3. Подготовка теории к лабораторным работам.
4. Проработка конспекта лекций по вихревым движениям.
5. Подготовка теории к лабораторной работе
6. Подготовка теории к лабораторной работе.
7. Составление опорного конспекта по ряду современных глобальных моделей ОЦА.
8. Изучение научной литературы по разделу.
Подготовка к контрольной работе
9. Подготовка теории к лабораторной работе
10. Написание реферата по теории циркуляции стратосферы.
11. Изучение дополнительной литературы по разделу.

Вопросы текущего контроля освоения дисциплины, учитывающие формируемые знания, умения и владения

1. Какова причина расхождения расчетных температур по модели Эмдена с их фактическим профилем?
2. В чем состоит основное отличие модели Кибеля от моделей лучистого равновесия?
Запишите систему уравнений, лежащую в основе модели и граничные условия для ее решения.
3. Какие основные процессы, участвующие в формировании термического режима атмосферы, учтены в модели Е.Н. Блиновой?
4. Какова постановка задачи в модели, используемые уравнения, система координат?
5. Какие процедуры, допущения и граничные условия использовались при разрешении исходной системы уравнений?
6. Каковы результаты сравнения эмпирических температур и расчетных по модели Е.Н. Блиновой?
7. Что положено в основу классификации волн на 4 класса?
8. Какие волны носят название волн Россби-Блиновой?
9. Раскройте суть понятия "волновое число".
10. Какие Вы знаете индексы циркуляции?
11. Поясните смену форм атмосферной циркуляции с помощью индекса зональной циркуляции Блиновой.
12. Какие упрощения уравнения вихря скорости принимались при разработке теории длинных волн? Обоснованы ли они?

13. Запишите формулы Россби, Блиновой. Дайте их качественный анализ.
14. Каковы основные признаки процесса блокирования зонального переноса?
15. Назовите типы блокирования и дайте теоретическое (с позиций гидродинамики) их обоснование.
16. Какова, в среднем, длительность процессов блокирования?
17. Чем отличаются друг от друга две типовые схемы развития макропроцессов над Северным полушарием при образовании блокирующих антициклонов?
18. Каковы условия возникновения блокирующих гребней над Уралом?
19. Укажите основные траектории блокирующих антициклонов Западной Сибири.
20. Поясните влияние процессов блокирования на возникновение опасных явлений погоды на юге Сибири.
21. Почему при исследовании ОЦА возможно рассматривать потенциальную и внутреннюю энергию как один вид энергии?
22. Что выражает теорема Дайнса?
23. Что понимается под средним энергетическим уровнем атмосферы? Каковы его свойства?
24. Каковы причины выделения доступной потенциальной энергии как от- дельного вида энергии?
25. Назовите три основных этапа энергетического цикла в атмосфере.
26. Поясните смысл зональной и вихревой составляющих потенциальной и кинетической энергии атмосферы.
27. Приведите одно или несколько существующих определений ОЦА.
28. Перечислите основные объекты ОЦА.
29. Что характеризует момент импульса зональных ветров и каковы основные особенности его распределения во второй половине XX века?
30. Какой показатель ОЦА указывает на наличие квазидвухлетних колебаний в направлении основного переноса в экваториальной стратосфере?
31. Дайте характеристику процессов в атмосфере и океане при осуществлении ЭНЮК.
32. Какие метеорологические величины входят в индекс SOI?
33. Осуществлению каких циркуляционных процессов способствует увеличение скорости вращения Земли?

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие об ОЦА: объекты, масштабы движений, колебания, существующие определения.

2. Обзор развития и современное состояние теории ОЦА.
3. Международные проекты и программы, направленные на изучение ОЦА.
4. Уравнение движения. Баланс импульса.
5. Закон сохранения энергии. Уравнение баланса внутренней энергии.
6. Система уравнений гидротермодинамики в сферической системе координат.
7. Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к процессам ОЦА.
8. Гидродинамическая теория ОЦА Н.Е. Кочина.
9. Теория лучистого равновесия атмосферы.
10. Учет турбулентного обмена при определении вертикального и горизонтального распределений температуры.
11. Вывод и анализ уравнения вихря скорости.
12. Потенциальный вихрь.
13. Классификация волновых движений.
14. Баротропная и бароклинная неустойчивость.
15. Волны Россби и их роль в динамике атмосферы.
16. Гидродинамические модели длинных волн.
17. Блокирующие ситуации в атмосфере.
18. Виды энергии в атмосфере, их превращения.
19. Понятие доступной потенциальной энергии.
20. Энергетический цикл Лоренца.
21. Гидродинамические модели ОЦА.
22. Начальные условия и параметризация физических процессов в трехмерных моделях ОЦА.
23. Спектральная модель ОЦА Гидрометцентра РФ.
24. Современные трехмерные модели атмосферы и океана.
25. Международная программа сравнения атмосферных моделей.
26. Проблема предсказуемости и среднесрочный прогноз.
27. Схемы взаимодействия атмосферы и океана в Северном полушарии.
28. Северо-Атлантическое колебание и его роль в формировании погоды и климата Северного полушария.
29. Явление Эль-Ниньо - Южное колебание.
30. Основные сведения о процессах в стратосфере и факторах, влияющих на ее состояние и циркуляцию.
31. Проблема влияния солнечной активности на ОЦА.
32. Механизмы взаимодействия между тропосферой и верхними слоями атмосферы.
33. Стратосферное потепление.
34. Теория квазидвухлетних колебаний в экваториальной стратосфере.
35. Особенности циркуляции планет Солнечной системы.

36. Использование теории подобия для изучения основных закономерностей динамики планетных атмосфер.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теория общей циркуляции атмосфер»

а) основная литература

Гилл А. Динамика атмосферы и океана : в 2 т. / А.Гилл. - М.: Мир, 1986. Т.1. - 391 с.; Т.2. - 415 с.

Динамика климата / под ред. С. Манабе. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 574 с.

Динамика погоды / под ред. С. Манабе. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 418 с.

Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Э.Н.Лоренц. - М.: Гидрометеиздат, 1970. - 259 с.

Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли / Л.Т.Матвеев. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 295 с.

Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики / А.С.Монин. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 423 с.

Переведенцев Ю.П., Белов П.Н. Теория общей циркуляции атмосферы и климата // Ю.П.Переведенцев, П.Н.Белов. // Учебное пособие. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. -397 с.

б) дополнительная литература

Алексеев В.А., Володин Е.М., Галин В.Я., Дымников В.П., Лыкосов В.Н. Моделирование современного климата с помощью атмосферной модели ИВМ РАН / В.А.Алексеев, Е.М.Володин и др. - М.: Ин-т вычислительной математики, 1998. -120 с.

Голицин Г.С. Введение в динамику планетных атмосфер / Г.С.Галин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 104 с.

Дикий Л. А. Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы / Л.А.Дикий. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 108 с.

Долгосрочное и среднесрочное прогнозирование погоды / под ред. **Д. Бариджа, Э.Челлена.** – М.: Мир, 1987. - 288 с.

Дымников В.П., Филатов А.Н. Основы математической теории климата / В.П.Дымников, А.Н.Филатов. – М.: ВИНТИ, 1994. - 256 с.

Кароль И.Л. Введение в динамику климата Земли / И.Л.Кароль.– Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 215 с.

Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере / под ред. Б. Хоскинса, Р. Пирса. – М. , 1988. - 428 с.

Курбаткин Г.П., Дегтярев А.И., Фролов А.В. Спектральная модель атмосферы, инициализация и база данных для численного прогноза погоды /

Г.П.Курбаткин, А.И.Дегтярев, А.В.Фролов. – СПб.: Гидрометеоздат, 1994. - 184 с.

Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы / Э.Пальмен, Ч.Ньютон. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 615 с.

Фролов А.В., Важник А.И., Смирненко П.И., Цветков В.И. Глобальная система усвоения данных наблюдений о состоянии атмосферы / А.В.Фролов, А.И.Важник и др. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000. - 188 с.

Холтон Дж. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы / Дж.Холтон. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. - 224 с.

Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер / Дж.Чемберлен. – М.: Мир, 1981. - 352 с.

Шнееров Б.Е., Мелешко В.П., Соколов А.П. и др. Глобальная модель общей циркуляции атмосферы и верхнего слоя океана / Б.Е.Шнееров, В.П.Мелешко, А.П.Соколов и др. // Труды ГГО им. А.И.Воейкова. – 1997. - Вып. 544. - С. 3 – 123.

в) рекомендуемая литература по лабораторным занятиям:

Барашкова Н.К. Теория общей циркуляции атмосферы / Н.К.Барашкова: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский государственный ун-т, 2004. -75 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины « Теория общей циркуляции атмосферы»

При освоении дисциплины и для самостоятельной работы используются учебно-научные ресурсы Научной библиотеки ТГУ, компьютерные классы кафедры метеорологии и климатологии геолого-географического факультета ТГУ с доступом к ресурсам Интернет.

9. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Успешное освоение дисциплины предполагает наличие у обучающихся знаний по основным дисциплинам физико-математического цикла бакалавриата направления Гидрометеорология.