МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт экологии и природопользования

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.
_____
"___"_____20___ г.

# Программа дисциплины

Теория общей циркуляции атмосферы Б1.Б.8

Направление подготовки: 05.04.04 - Гидрометеорология
Профиль подготовки: Метеорология
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
**Автор(ы):**
Переведенцев Ю.П.
**Рецензент(ы):**
Гурьянов В.В.

**СОГЛАСОВАНО:**
Заведующий(ая) кафедрой: Переведенцев Ю. П.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института экологии и природопользования:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No

Казань
2016

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Переведенцев Ю.П. кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы отделение природопользования , Yuri.Perevedentsev@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Излагаются теоретические основы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) Земли, базирующихся на учении о гидродинамике природных течений вращающихся бароклинных стратифицированных жидкостей и газов. Приводится система нелинейных уравнений гидротермодинамики, являющихся математическим выражением общефизических законов сохранения энергии, массы, импульса. Рассматриваются современные математические модели ОЦА и океана в приложении к прогнозу климата на XXI столетие.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.Б.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.04.04 Гидрометеорология и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина реализуется как вариативная в профессиональном цикле дисциплин (М2.В2) на 5 курсе, в семестре А.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ОК-3 (общекультурные компетенции) | знанием современных компьютерных технологий и самостоятельно использовать их для решения задач профессиональной деятельности и в новых областях знаний |
| ПК-1 (профессиональные компетенции) | творческим использованием знания о современных проблемах гидрометеорологии в сфере профессиональной деятельности |
| ПК-4 (профессиональные компетенции) | глубоким пониманием и творческим использованием в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин ОПП магистратуры |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

-причины возникновения крупномасштабных движений в земной атмосфере, структуру ОЦА;

- математические уравнения, отражающие физические законы сохранения массы, импульса и энергии.

2. должен уметь:

- выполнять простейшие оценки компонент энергетического цикла Лоренца, по расчету структурных компонент ОЦА.

3. должен владеть:

- ориентироваться в моделях ОЦА, разработанных в различных странах, их диагностических и прогностических возможностях.

Владеть основными компетенциями.

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

**Тематический план дисциплины/модуля**

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. ВВЕДЕНИЕ Предмет общей циркуляции атмосферы. | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | устный опрос |
| 2. | Тема 2. Глобальные поля метеовеличин Распределение основных метеовеличин. Влагооборот в атмосфере. | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | устный опрос |
| 3. | Тема 3. Геофизическая гидродинамика Уравнения термогидродинамики. Потенциальный вихрь и его свойства. Зональноосредненная модель. Малокомпонентные модели . | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | устный опрос контрольная работа |

| N | Раздел Дисциплины/ Модуля | Семестр | Неделя семестра | Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Текущие формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 4. | Тема 4. Термический режим атмосферы Распределение температуры воздуха по высоте при лучистом равновесии. Роль турбулентного обмена в формировании термического режима атмосферы Формирование источников и стоков тепла и основные циркуляционные системы. | 2 | 4 | 0 | 2 | 0 | устный опрос |
| 5. | Тема 5. Вихревые движения в атмосфере Вихрь скорости движения. Волновые движения атмосферы | 2 | 5 | 0 | 4 | 0 | устный опрос |
| 6. | Тема 6. Энергетика атмосферы. Трехмерные модели общей циркуляции атмосферы и океана. | 2 | 6 | 0 | 4 | 0 | устный опрос контрольная работа |
| 7. | Тема 7. Предсказуемость поведения атмосферы. Взаимодействие атмосферы и океана. | 2 | 7 | 0 | 2 | 0 | устный опрос |
| 8. | Тема 8. Теория общей циркуляции верхней атмосферы. | 2 | 8 | 0 | 2 | 0 | устный опрос |
| 9. | Тема 9. Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы | 2 | 9 | 0 | 2 | 0 | устный опрос контрольная работа |
| . | Тема . Итоговая форма контроля | 2 | | 0 | 0 | 0 | экзамен |
| | Итого | | | 4 | 22 | 0 | |

**4.2 Содержание дисциплины**

**Тема 1. ВВЕДЕНИЕ Предмет общей циркуляции атмосферы.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Главные факторы, определяющие общую циркуляцию атмосферы, методы изучения ОЦА. Первые теории общей циркуляции атмосферы, современное состояние проблемы. Международные проекты, направленные по изучению ОЦА.

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Анализ схем общей циркуляции атмосферы, разработанных в 18 - 21 столетиях.

**Тема 2. Глобальные поля метеовеличин Распределение основных метеовеличин. Влагооборот в атмосфере.**

***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Глобальные поля метеовеличин Распределение основных метеовеличин (температура и влажность воздуха, давление, ветер) по земному шару в тропосфере и стратосфере. Влагооборот в атмосфере. Распределение облачности. Вихревые потоки тепла и водяного пара. Воздухообмен между полушариями.

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Оценка взаимодействия между Северным и Южным полушариями. Выделение гармоник в полях температуры и давления воздуха, оценка их энергетики. Расчет составляющих уравнения водного баланса на поверхности Земного шара.

**Тема 3. Геофизическая гидродинамика Уравнения термогидродинамики. Потенциальный вихрь и его свойства. Зональноосредненная модель. Малокомпонентные модели .**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Вывод уравнения потенциального вихря, оценка его роли в термодинамических процессах. Принципы построения зональноосредненной модели. Расчеты на фактических материалах.

**Тема 4. Термический режим атмосферы Распределение температуры воздуха по высоте при лучистом равновесии. Роль турбулентного обмена в формировании термического режима атмосферы Формирование источников и стоков тепла и основные циркуляционные системы.**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Основные факторы формирования термического режима атмосферы. Количественная оценка их вкладов. Роль бароклинности в вихреобразовании. Оценка межширотного обмена теплом и влагой за счет вихревой активности.

**Тема 5. Вихревые движения в атмосфере Вихрь скорости движения. Волновые движения атмосферы**

***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Динамика вихревой и волновой активности в атмосфере в зависимости от сезона и широтного пояса. Роль длинных волн в формировании средних упорядоченных движений. Устойчивость волновых движений.

**Тема 6. Энергетика атмосферы. Трехмерные модели общей циркуляции атмосферы и океана.**

***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Оценка различных видов энергии в атмосфере. Энергетические преобразования. Энергетические циклы Оорта и Лоренца. Иерархия моделей. Рассмотрение структуры и возможностей конкретной модели (например, модели ОЦА ИВМ РАН).

**Тема 7. Предсказуемость поведения атмосферы. Взаимодействие атмосферы и океана.**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Оценка пределов предсказуемости атмосферных процессов. Роль ошибок в начальных данных. Хаос в атмосфере. Расчет поверхностных течений в океане под воздействием ветровых потоков.

**Тема 8. Теория общей циркуляции верхней атмосферы.**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Роль тропосферных планетарных волн в формировании пространственной структуры циркуляции стратосферы в зимний период. Оценка теплового фактора в формировании летнего циркумполярного течения в стратосфере.

**Тема 9. Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы**

***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Оценка зонального распределения температур на планетах Солнечной системы. Распределение скоростей ветра. Под влиянием каких факторов создаются различия циркуляций в атмосферах планет. Общие уравнения динамики.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Тема 1. ВВЕДЕНИЕ Предмет общей циркуляции атмосферы. | 2 | 1 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 2. | Тема 2. Глобальные поля метеовеличин Распределение основных метеовеличин. Влагооборот в атмосфере. | 2 | 2 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 3. | Тема 3. Геофизическая гидродинамика Уравнения термогидродинамики. Потенциальный вихрь и его свойства. Зональноосредненная модель. Малокомпонентные модели . | 2 | 3 | подготовка к контрольной работе | 2 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к устному опросу | 2 | устный опрос |
| 4. | Тема 4. Термический режим атмосферы Распределение температуры воздуха по высоте при лучистом равновесии. Роль турбулентного обмена в формировании термического режима атмосферы Формирование источников и стоков тепла и основные циркуляционные системы. | 2 | 4 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |
| 5. | Тема 5. Вихревые движения в атмосфере Вихрь скорости движения. Волновые движения атмосферы | 2 | 5 | подготовка к устному опросу | 4 | устный опрос |


ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

| N | Раздел Дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6. | Тема 6. Энергетика атмосферы. Трехмерные модели общей циркуляции атмосферы и океана. | 2 | 6 | подготовка к контрольной работе | 1 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к устному опросу | 1 | устный опрос |
| 7. | Тема 7. Предсказуемость поведения атмосферы. Взаимодействие атмосферы и океана. | 2 | 7 | подготовка к устному опросу | 2 | устный опрос |
| 8. | Тема 8. Теория общей циркуляции верхней атмосферы. | 2 | 8 | подготовка к устному опросу | 2 | устный опрос |
| 9. | Тема 9. Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы | 2 | 9 | подготовка к контрольной работе | 1 | контрольная работа |
| | | | | подготовка к устному опросу | 1 | устный опрос |
| | Итого | | | | 28 | |

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- лекции (в сочетании с активными формами их проведения);
- выполнение практических работ с использованием ПЭВМ.

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

**Тема 1. ВВЕДЕНИЕ Предмет общей циркуляции атмосферы.**

устный опрос , примерные вопросы:

Понятие ОЦА. Характеристика отдельных видов крупномасштабных атмосферных движений. Колебания метеовеличин во времени.

**Тема 2. Глобальные поля метеовеличин Распределение основных метеовеличин. Влагооборот в атмосфере.**

устный опрос , примерные вопросы:

Дать описание пространственно-временного распределения температуры, давления, скорости ветра в тропосфере и стратосфере. Роль материков и океанов в характере поведения метеовеличин. Испарение, осадки и речной сток на Земном шаре.

**Тема 3. Геофизическая гидродинамика Уравнения термогидродинамики. Потенциальный вихрь и его свойства. Зональноосредненная модель. Малокомпонентные модели .**

контрольная работа , примерные вопросы:

Эволюция учения об общей циркуляции атмосферы, начиная с основополагающей работы Хэдли (1735 г.) Потенциальный вихрь и его свойства Роль вихревой деятельности в поддержании циркуляции атмосферы и океана Муссонная циркуляция Длинные волны в атмосфере, их взаимодействие между собой и с зональным потоком Индексы циркуляции

устный опрос , примерные вопросы:

Запись уравнений гидродинамики в различных системах координат. Вывод уравнения потенциального вихря, его свойства. Построение зональноосредненной модели температуры воздуха и скорости ветра.

**Тема 4. Термический режим атмосферы Распределение температуры воздуха по высоте при лучистом равновесии. Роль турбулентного обмена в формировании термического режима атмосферы Формирование источников и стоков тепла и основные циркуляционные системы.**

устный опрос , примерные вопросы:

анализ уравнения притока тепла. Оценка роли адвективных и неадиабатических факторов в изменении локальной температуры воздуха. Роль циркуляции и вихревого переноса в межширотном обмене импульсом, теплом и влагой.

**Тема 5. Вихревые движения в атмосфере Вихрь скорости движения. Волновые движения атмосферы**

устный опрос , примерные вопросы:

Спектр вихревых движений в атмосфере. Распределение энергии по частотам. вывод уравнения вихря скорости, его анализ. Природа волновых движений и их роль в формировании погоды.

**Тема 6. Энергетика атмосферы. Трехмерные модели общей циркуляции атмосферы и океана.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Направленность и интенсивность энергетических преобразований в атмосфере по оценкам Оорта Параметризация физических процессов подсеточного масштаба в моделях ОЦА Международная Программа сравнения атмосферных моделей (AMIP) и ее результаты В чем причина ограниченной предсказуемости атмосферных процессов? Взаимодействие между атмосферой и океаном в тропической зоне Почему в холодный период происходит усиление взаимодействия между тропосферой и стратосферой

устный опрос , примерные вопросы:

Вывод уравнений потенциальной, внутренней и кинетической энергии. Вывод уравнения кинетической энергии турбулентных движений. Энергетический цикл Лоренца. Описание математического и физического блока трехмерной модели циркуляции и верхнего слоя океана.

**Тема 7. Предсказуемость поведения атмосферы. Взаимодействие атмосферы и океана.**

устный опрос , примерные вопросы:

Понятие предсказуемость. Причины возникновения ограниченной предсказуемости поведения атмосферы. Воспроизведение атмосферных процессов с помощью моделей. Примеры взаимодействия атмосферы и океана.

**Тема 8. Теория общей циркуляции верхней атмосферы.**

устный опрос , примерные вопросы:

Причины возникновения крупномасштабных атмосферных движений в стратосфере зимой и летом. Зимние стратосферные потепления. Основные уравнения термогидродинамики для стратосферы. Анализ решений простейших уравнений. Роль волновых процессов в динамике стратосферы.

**Тема 9. Общая циркуляция атмосфер планет Солнечной системы**

контрольная работа , примерные вопросы:

Структура атмосферной циркуляции и физические механизмы ее формирования и поддержания. Энергетические преобразования в циркуляционных системах Основные методы изучения общей циркуляции атмосферы. Главные результаты исследований. Современные глобальные модели общей циркуляции атмосферы и их использование для изучения климата Земли. Теория явления Эль-Ниньо-Южное колебание. Роль ЭНЮК в современных глобальных изменениях климата. Основные закономерности и особенности динамики планетарных атмосфер.

устный опрос , примерные вопросы:

Записать уравнение термогидродинамики для атмосфер планет: Земля, Венера, Марс. Число Маха. Анализ многоуровенной модели ОЦА для Марса. Основные виды движений в атмосфере планет - общие черты и специфика, определяемая свойствами планет.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену:

1. Что понимается под общей циркуляцией атмосферы?
2. Первые схемы общей циркуляции атмосферы.
3. Современные подходы к изучению циркуляционных процессов.
4. Крупномасштабные особенности географического распределения основных метеовеличин по земному шару.
5. Влагооборот в атмосфере
6. Основные закономерности пространственно-временного распределения облачности.
7. Вихревые переносы тепла и влаги.
8. Система уравнений гидротермодинамики.
9. Потенциальный вихрь
10. Циркуляция, осредненная зонально и за длительный промежуток времени. Параметризация вихревых потоков.
11. Эффект отрицательной вязкости в формировании струйного течения.
12. Использование малокомпонентных моделей для описания циркуляции.
13. Теория лучистого равновесия атмосферы.
14. Учет турбулентного обмена при определении вертикального и горизонтального распределения температуры.
15. Вывод и анализ уравнения вихря скорости.
16. Гидродинамическая неустойчивость.
17. Анализ уравнения переноса момента количества движения.
18. Классификация волновых движений.
19. Волны Россби и их роль в динамике атмосферы
20. Гидродинамические модели длинных волн
21. Центры действия атмосферы и их роль в формировании погоды и климата планеты.
22. Виды энергии в атмосфере и их превращения.
23. Понятия доступной потенциальной энергии.
24. Энергетический цикл Лоренца.
25. Энергетика верхней атмосферы Земли.
26. Система уравнений гидротермодинамики, записанная в сферической системе координат.
27. Глобальная система сбора гидрометеорологических данных.
28. Начальные условия в трехмерных моделях ОЦА.
29. Конечно-разностная и спектральная аппроксимация системы .уравнений
30. Параметризация физических процессов в трехмерных моделях ОЦА.
31. Модель ОЦА Института вычислительной математики РАН.
32. Глобальная модель ОЦА и верхнего слоя океана ГГО
33. Спектральная модель ОЦА Гидрометцентра РФ
34. Оценка чувствительности моделей к малым внешним воздействиям.
35. Международная Программа сравнения атмосферных моделей. Результаты работы.
36. Свойства динамических нелинейных систем и методы их изучения.
37. Синергетика атмосферных процессов
38. Понятие предсказуемости поведения атмосферы.

39. Численные модели среднесрочного прогноза погоды.
40. Современные трехмерные модели атмосферы и океана.
41. Северо-Атлантическое колебание и его роль в формировании погоды и климата Северного полушария.
42. Явление Эль - Ниньо - Южное колебание.
43. Теория общей циркуляции стратосферы и мезосферы.
44. Механизм взаимодействия между тропосферой и верхними слоями атмосферы.
45. Численные модели общей циркуляции стратосферы.
46. Особенности циркуляции планет Солнечной системы.
47. Использование теории подобия для изучения основных закономерностей динамики планетных атмосфер.

### 7.1. Основная литература:

Теория общей циркуляции атмосферы, Переведенцев, Юрий Петрович;Мохов , Игорь Иванович;Елисеев, Алексей Викторович, 2013г.

2. 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). (переплет) ISBN 978-5-16-006463-5, 500 экз. URL: http://znanium.com/bookread.php?book=391602

### 7.2. Дополнительная литература:

Теория общей циркуляции атмосферы, Переведенцев, Юрий Петрович;Мохов , Игорь Иванович;Елисеев, Алексей Викторович, 2013г.

Теория климата, Переведенцев, Юрий Петрович, 2009г.

Теория климата, Переведенцев, Юрий Петрович, 2004г.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Изменения климата в России (ГМЦ РФ) - http://climate.mecom.ru/

Сайт ГГО им. А.И. Воейкова - http://voeikovmgo.ru/ru/perechen-materialov-izdannyih-ggo.html

Сайт Глобального климата и экологии Росгидромета и РАН - http://www.igce.ru/

сайт журналов Американского метеорологического общества - http://journals.ametsoc.org/

сайт Института вычислительной математики РАН, содержащий электронные версии указанных в списке литературы книг Володина Е.М., Должанского Ф.В., Дымникова В.П. - http://www.inm.ras.ru/

сайты с метеорологическими данными - http://meteo-geofak.narod.ru/ssylki.htm

7. Kållberg, P., P. Berrisford, B. Hoskins, A. Simmmons, S. Uppala, S. Lamy-Thépaut and R. Hine. ERA-40 Atlas. ERA-40 Project Report Series, 19, 2005, 191 p. - http://www.ecmwf.int/publications/

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Теория общей циркуляции атмосферы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

1) Библиотечный фонд НБ им. Н.И. Лобачевского при КФУ;

2) Дисплейный класс;

3) Учебно-методическое пособие для организации СРС.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.04.04 "Гидрометеорология" и магистерской программе Метеорология .

Автор(ы):
Переведенцев Ю.П. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Гурьянов В.В. _____
"__" _____ 201 __ г.