

Министерство образования и науки РФ
Томский государственный Университет
Геолого-географический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан геолого-географического факультета

_____ *Г.М.Татьянин*

" ____ " _____ 2011 __ г.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ

Рабочая программа дисциплины

Направление подготовки
021600- Гидрометеорология
Бакалаврская программа

Профиль подготовки
021600.62-Гидрометеорология

Квалификация выпускника
Бакалавр

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 «Динамическая метеорология» составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 021600 – Гидрометеорология квалификация «бакалавр» (приказ Минобрнауки России № 535 от 20.05.2010 г.).

Общий объем дисциплины 252 часа. Из них лекции – 94 ч., лабораторные занятия – 68 ч, самостоятельная работа студентов – 90 ч.

Зачет в 5 семестре, экзамен в 6 семестре.

Общая трудоемкость дисциплины 7 зачётных единиц.

Автор: 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 и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Динамическая метеорология» является получение знаний об основных законах сохранения в сплошных средах и их применению к динамике атмосферы, ознакомление с теоретическими моделями процессов тепло-, влаго-, энерго- и массообмена в атмосфере.

Задачей курса «Динамическая метеорология» является теоретическая подготовка студентов в области динамики атмосферы.

2. Место дисциплины в структуре бакалаврской программы

Дисциплина «Динамическая метеорология» относится к общепрофессиональному циклу и читается в 5 и 6-ом семестрах бакалавриата. Закладывает основы знаний по динамике атмосферы, необходимые для изучения других дисциплин: синоптической метеорологии, численных методов прогноза погоды, теории климата, а также для работы в различных областях метеорологии.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Динамическая метеорология»

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

а) общекультурных (ОК):

- владеть культурой мышления, способностями к обобщению, анализу, восприятию информации, ставить цели и выбирать пути их достижения (ОК-1);

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

б) профессиональных (ПК):

- обладать базовыми общепрофессиональными теоретическими знаниями о теоретических основах метеорологии и климатологии (ПК-3);

- обладать методами анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств (ПК-6);

- владеть теоретическими основами динамической метеорологии (ПК-14).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- Теоретические методы описания атмосферных движений и процессов на основе использования основных уравнений гидромеханики, термодинамики, теории излучения и их преобразования применительно к специфике атмосферных движений и явлений;
- Теоретические схемы расчета суточного хода метеовеличин, ночного понижения температуры, поведения атмосферных фронтов.

уметь:

- Давать теоретические объяснения атмосферных процессов различных масштабов и природы;
- Определять количественные характеристики динамики атмосферы, профилей метеорологических величин, характеристик турбулентности;
- Формулировать и решать задачи по математическому моделированию атмосферных процессов.

4. Структура и содержание дисциплины «Динамическая метеорология»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

4.1. Структура преподавания дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра				Формы текущего контроля, промеж. и итоговой аттестации
				Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная раб студ.	
1	Введение	5	1	2			Устный опрос
2	Основные уравнения гидротермодинамики	5	2-4	8	12	7	Проверка конспекта
3	Статика атмосферы	5	5	2		6	Устный опрос
4	Уравнения гидротермодинамики для турбулентной среды	5	6-9	8	8	6	Сдача лаб. работы
5	Термодинамические процессы в сухом воздухе	6	12	4		4	Коллоквиум
6	Термодинамические процессы во влажном воздухе	6	13	4		4	Коллоквиум
7	Крупномасштабные движения в свободной атмосфере	5	10-13	8	8	8	Сдача лаб. раб.
8	Лучистая энергия	5	12	4		6	Проверка глоссария
9	Промежуточная аттестация	5	17	2			Зачет
10	Пограничные слои в атмосфере	6	1-4	14	20	8	Сдача лаб. раб.
11	Поверхности раздела и фронты	5	14-16	6	8	4	Сдача лаб. работы
12	Некоторые вопросы мезометеорологии	6	4-7	12	12	8	Сдача лаб. раб.
13	Турбулентность в свободной атмосфере	6	7-8	4		8	Контрольная работа
14	Волновые движения в атмосфере	6	9-10	6		7	Устный опрос
15	Энергетика атмосферы	6	10-11	6		6	Устный опрос
16	Турбулентная диффузия и перенос примесей в атмосфере	6	14-15	4		8	Устный опрос
17	Итоговая аттестация	6					Экзамен
	Всего часов			94	68	90	252

4.2. Содержание разделов дисциплины

Введение

Предмет и методы динамической метеорологии. Связь динамической метеорологии с другими учебными дисциплинами. Основные направления исследований в области динамической метеорологии и достижения в ее развитии в России и за рубежом.

1. Основные уравнения гидротермодинамики.

Координаты, используемые в гидродинамике: инерциальные и вращающиеся системы координат. Уравнения движения в инерциальной системе координат в форме

Лагранжа и в форме Эйлера. Силы, определяющие ускорение частицы в инерциальной системе координат: сила градиента давления, сила тяжести и сила трения.

Уравнения сохранения массы и баланса атмосферных примесей. Уравнение Навье-Стокса.

Уравнения движения на вращающейся Земле в векторной форме. Сила Кориолиса и центробежная сила. Уравнения движения в локальной декартовой системе координат.

Уравнение состояния. Уравнения притока тепла и влаги.

2. Статика атмосферы.

Вертикальное распределение давления в атмосфере. Барометрические формулы. Основы метода барической топографии.

3. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной среды.

Турбулентный характер атмосферных движений и его математическое описание. Некоторые понятия из теории случайных функций. Осреднение уравнений движения, притоков тепла и влаги, баланса примесей. Определение турбулентных напряжений. Проблема замыкания системы уравнений гидротермодинамики. Полуэмпирическая теория турбулентности. Уравнение баланса энергии турбулентности. Общие принципы упрощения уравнений гидротермодинамики. Теории подобия и размерности. Упрощение уравнений гидротермодинамики для крупномасштабных атмосферных движений. Уравнения гидротермодинамики в изобарической системе координат.

4. Термодинамические процессы в сухом воздухе.

Изменения термодинамического состояния перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха. Уровень термической конвекции. Энергия неустойчивости.

5. Термодинамические процессы во влажном воздухе.

Понятие об энтропии. Второе начало термодинамики и условия устойчивости атмосферы. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха.

6. Крупномасштабные движения в свободной атмосфере.

Уравнения гидротермодинамики в полярной и цилиндрической системах координат. Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям. Движение при чисто круговых изобарах. Градиентный ветер. Движение в свободной атмосфере при прямолинейных изобарах. Геострофический ветер. Изменение барического поля и геострофического ветра с высотой (термический ветер). Агеострофический ветер. Разложение по малому параметру. Определение вертикальной скорости на основе формул геострофического ветра.

7. Лучистая энергия

Основные понятия и законы излучения. Уравнение переноса лучистой энергии. Методы расчета потоков радиации и радиационных притоков тепла в безоблачной атмосфере и при наличии облачности.

8. Пограничные слои в атмосфере

Гидродинамическое определение пограничных слоев и их толщин. Планетарный пограничный слой (ППС) и внутренний (приземный) подслой, системы уравнений, описывающих их строение и структуру. Вертикальные профили метеорологических величин в приземном слое и ППС. Вертикальная скорость на

верхней границе ППС. Особенности строения пограничного слоя над морем. Основы нелинейной теории пограничного слоя.

9. Поверхности раздела и фронты.

Кинематические и динамические условия на атмосферных фронтах, скорость фронта. Наклон поверхности раздела двух воздушных масс. Вертикальные движения вблизи поверхности раздела. Фронтогенез и фронтолиз.

10. Некоторые вопросы мезометеорологии.

Уравнения гидротермодинамики мезопроцессов. Трансформация воздуха под влиянием подстилающей поверхности. Суточный ход метеорологических величин. Ночное понижение температуры.

11. Турбулентность в свободной атмосфере.

Турбулентность вблизи поверхности раздела, в струйных течениях.

12. Волновые движения в атмосфере.

Параметры и типы волновых движений. Метод малых возмущений и его применение. Крупномасштабные стационарные и нестационарные волны. Внешние гравитационные и смешанные волны. Внутренние акустические и гравитационные волны. Адаптация полей давления и ветра. Воздействие волн на средний поток.

13. Энергетика атмосферы.

Источники и виды энергии. Изменение энергии единичной массы. Баланс энергии замкнутого объема. Баланс энергии атмосферы земного шара и Северного полушария.

14. Турбулентная диффузия и перенос примесей в атмосфере.

Постановка задачи о расчете распределения примесей. Статистические методы расчета распределения примесей. Распределение примесей от точечных источников в бесконечном пространстве. Распределение примесей в пограничном слое атмосферы при реальных условиях.

5. Образовательные технологии

В учебном процессе, помимо чтения лекций, которые составляют 30% аудиторных занятий, используются активные и интерактивные формы (составление опорных конспектов, в том числе с элементами глоссария, коллоквиумы, контрольные работы). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Для закрепления знаний студентов по отдельным разделам дисциплины «Динамическая метеорология» проводятся лабораторные занятия, целью которых является закрепление знаний студентов по отдельным разделам курса «Динамическая метеорология» и привития навыков расчета количественных характеристик динамики атмосферы, профилей метеорологических величин и характеристик турбулентности, их суточной изменчивости.

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 студентов в семестрах выполняется проверка опорных конспектов (в том числе с элементами глоссария), проведение коллоквиума, тестирование, написание контрольной работы и прием теории для выполнения цикла лабораторных работ.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Почему атмосфера считается сплошной средой? Поясните смысл гипотезы сплошности и причины ее применения к описанию процессов в атмосфере.
2. Запишите уравнения движения в декартовой системе координат и дайте их анализ.
3. Чем отличаются уравнения движения в форме Навье-Стокса от уравнений движения в турбулентной атмосфере?
4. Из каких уравнений состоит основная система уравнений гидротермодинамики? Запишите их.
5. Какое движение называется градиентным? Чем определяется скорость такого движения? Как оно направлено.
6. Как и почему изменяется с высотой вектор геострофического ветра?
7. Назовите основные приемы и способы упрощения уравнений гидротермодинамики.
8. Что такое функция пропускания? Как она зависит от массы поглощающего вещества?
9. Где и почему больше уходящее длинноволновое излучение (при ясном небе) - на полюсе или на экваторе?
10. Поясните зависимость между характеристиками состояния воздушных масс и углом наклона разделяющей их фронтальной поверхности.
11. По какому принципу выделяется в атмосфере пограничный слой и свободная атмосфера? Почему в пограничном слое выделяется приземный слой?
12. Поясните изменение с высотой ветра в модели пограничного слоя с априорным заданием профиля коэффициента турбулентности.
13. Как влияет турбулентность на вертикальные профили и метеовеличин?
14. Каким параметром, помимо числа Ричардсона, можно характеризовать стратификацию в приземном слое?
15. Какие причины приводят к развитию вертикальных движений в пограничном слое атмосферы. Запишите формулу для расчета их интенсивности.
16. Как формируется механизм суточных колебаний метеовеличин?
17. Как изменяется суточный ход температуры с высотой?
18. Что понимается под трансформацией?
19. Сформулируйте задачу об изменении температуры и влажности воздуха при переходе его с одной подстилающей поверхности на другую.
20. Какие процессы определяют ночное понижение температуры?
21. Назовите основные виды энергии в атмосфере и запишите выражения для их расчета.
22. Что такое ТЯН? С чем связан такой термин?
23. Где больше и почему интенсивность турбулентного обмена – вблизи поверхности раздела или в струйном течении?
24. В чем состоит основное отличие в условиях рассеяния примесей в вертикальном и горизонтальном (перпендикулярном направлению среднего ветра) направлении?
25. Как зависит значение максимальной концентрации и расстояние, где она достигается, от стратификации атмосферы и скорости ветра?

Темы лабораторных занятий

Лабораторные занятия призваны закрепить знания студентов по отдельным разделам курса «Динамическая метеорология» и привить им навыки расчета количественных характеристик динамики атмосферы, профилей метеорологических величин и характеристик турбулентности, их суточной изменчивости.

Темы лабораторных работ с указанием разделов дисциплины

Наименование работы	Раздел дисциплины
1. Определение градиента метеорологических величин, дивергенции и вихря скорости по картам погоды.	2
2. Расчет и анализ основных сил, определяющих движение атмосферного воздуха.	2, 3
3. Анализ и упрощение уравнений гидротермодинамики.	2,3,4
4. Определение профиля геострофического ветра в температурно-неоднородной по горизонтали атмосфере.	7
5. Определение характеристик поверхностей раздела.	11
6. Расчет профилей метеорологических величин и характеристик турбулентности в приземном слое атмосферы при различной стратификации.	10
7. Расчет и анализ изменений с высотой основных действующих сил и скорости ветра в планетарном пограничном слое атмосферы.	10
8. Расчет фрикционных вертикальных скоростей.	10
9. Расчет и анализ суточного хода температуры.	12
10. Ночное понижение температуры.	12

Содержание самостоятельной работы обучающихся

№раздела дисциплины	Содержание
2	Составление опорного конспекта
3	Проработка конспекта лекций
4	Подготовка теории к лабораторной работе
5, 6	Подготовка к коллоквиуму
7	Подготовка теории к лабораторной работе
8	Составление глоссария по теме
10, 11, 12	Подготовка теории к лабораторной работе
13	Подготовка к контрольной работе
14, 15, 16	Проработка конспекта лекций

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

1. Почему производные метеорологических величин вычисляются методом конечных разностей?
2. Как вычислить значение и определить направление барического градиента по картам погоды?
3. Какие данные позволяют вычислить локальную, полную и конвективную производные? Каков их смысл?
4. Как влияет скорость ветра на трансформацию свойств воздушной массы?
5. Какая сила определяет форму поверхности океана и атмосферы?
6. За счет каких факторов и почему изменяется сила тяжести?
7. Какое влияние на движение оказывает сила Кориолиса?
8. Каким будет направление движения массы воздуха, если на нее действует только сила барического градиента?
9. Какие принципы положены в основу упрощения уравнений динамики атмосферы с помощью теории подобия?
10. Как оценить соотношение между слагаемыми в уравнении движения?
11. По какому принципу выделяются в атмосфере пограничный слой и свободная атмосфера?
12. Почему в пограничном слое выделяется приземный слой?
13. При делении атмосферных процессов на макро-, мезо- и микро — соотношение каких сил рассматривается? Какие силы в каждом классе процессов являются определяющими?
14. Какие процессы называются стационарными и не стационарными?
15. Какие силы определяют движение в пограничном слое атмосферы?
16. Рассмотреть таблицы Фридмана-Гессельберга и отметить основные особенности, которые вытекают из них.
17. Почему нельзя использовать понятие геострофического ветра вблизи экватора, какие силы здесь должны уравнивать силу барического градиента?
18. Как объяснить, что в циклонах ветер сильнее, чем в антициклонах, хотя циклоническая кривизна уменьшает скорость?
19. Будет ли изменяться термический ветер с высотой, если горизонтальный градиент средней температуры остается постоянным для любой толщины слоя?
20. Как влияет знак адвекции температуры на распределение ветра с высотой?
21. Что такое параметр шероховатости?
22. Какими параметрами и почему определяется турбулентность в приземном слое?
23. Какими параметрами можно характеризовать стратификацию в приземном слое?
24. Что понимается под динамической скоростью?
25. Почему при неустойчивой стратификации турбулентность развита сильнее, чем при устойчивой?
26. Что является характерной особенностью приземного слоя?
27. Какие допущения были сделаны при решении задачи об изменении скорости ветра в планетарном пограничном слое?
28. Откуда следует, что в пограничном слое имеет место правый поворот ветра?

29. В сторону какого давления (низкого или высокого) отклоняется ветер от изобар при $z \rightarrow 0$?
30. Как влияет турбулентность на вертикальный профиль ветра?
31. При одних и тех же условиях где будет мощнее пограничный слой: на полюсе или на широте 45° ?
32. Какие причины способствуют образованию в пограничном слое St и Sc облаков?
33. Какие причины приводят к развитию вертикальных движений в пограничном слое атмосферы?
34. Назовите основные типы вертикальных движений воздуха?
35. Каковы характерные значения скоростей вертикального движения?
36. Какие существуют методы расчета вертикальных скоростей?
37. Что понимается под суточным ходом метеорологических величин?
38. Какие факторы влияют на суточные колебания температуры воздуха?
39. Чем объяснить убывание амплитуды суточного хода температуры с высотой в пределах пограничного слоя?
40. Когда амплитуда больше: зимой или летом и почему?
41. В какие сезоны года и почему амплитуда медленнее убывает с высотой?
42. Что происходит с максимумом температуры по мере увеличения высоты?
43. Почему ночное понижение температуры можно прогнозировать с большей точностью, чем дневной ход температуры?
44. Как разделяются заморозки в зависимости от причин, их вызывающих?
45. Когда создаются наиболее благоприятные условия для возникновения радиационных заморозков?
46. Почему формула Брента позволяет лишь приближенно оценить ночной ход температуры?
47. За счет каких факторов минимальная температура, вычисленная по формуле Берлянда, может отличаться от фактической?
48. Что выражает теорема Дайнса?

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Атмосфера как сплошная среда. Общая формулировка уравнения баланса.
2. Уравнение баланса массы (уравнение неразрывности).
3. Уравнение притока тепла и его частные виды.
4. Уравнения движения.
5. Силы, действующие в атмосфере.
6. Вертикальное распределение давления в атмосфере (барометрические формулы).
7. Основы метода барической топографии. Теоретические основы построения карт барической топографии.
8. Упрощение уравнений динамики атмосферы.
9. Атмосферная турбулентность и ее математическое описание.
10. Уравнения движения для турбулентной атмосферы.
11. Полуэмпирическая теория турбулентности.
12. Термодинамические процессы во влажном воздухе.
13. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха.
14. Понятие об энергии неустойчивости.
15. Законы распространения лучистой энергии.
16. Уравнения переноса лучистой энергии.
17. Геострофический ветер.
18. Изменение геострофического ветра с высотой.
19. Поверхность раздела, и ее основные свойства.

20. Геострофическая модель фронта.
21. Влияние ускорения воздушной массы на наклон поверхности раздела к горизонту.
22. Уравнение баланса энергии турбулентности.
23. Пограничный слой атмосферы. Вертикальное распределение ветра, температуры и влажности. Определение средних по слою характеристик турбулентности.
24. Нелинейная модель пограничного слоя атмосферы.
25. Приземный слой атмосферы. Система уравнений, описывающих его состояние, вертикальные профили метеовеличин.
26. Вертикальная скорость на верхней границе ППС.
27. Трансформация воздушной массы. Общая постановка задачи.
28. Трансформация полей температуры, влажности и ее практическое приложение.
29. Суточный ход метеорологических величин. Модель суточного хода температуры при постоянном коэффициенте турбулентности.
30. Ночное понижение температуры.
31. Энергетика атмосферы (виды энергий, их изменение в замкнутой воздушной массе).
32. Параметры и типы волновых движений.
33. Метод малых возмущений и его применение.
34. Крупномасштабные волны.
35. Гравитационные волны.
36. Математическая формулировка задачи о распространении примесей в атмосфере.
37. Качественный анализ поля концентраций примеси.
38. Распределение в атмосфере примесей при разных метеорологических условиях и разных параметрах выброса.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Динамическая метеорология»

1. Основная литература

- Барашкова Н.К. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование. Учебное пособие / Н.К.Барашкова, Л.И.Кижнер, И.В.Кужевская.Томск:Изд-во ТГУ, 2010.-311 с.
- Белов П.Н. Численные методы прогноза погоды / П.Н.Белов. - Л.: Гидрометеиздат,1975.- 391 с.
- Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е.Берлянд.-Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.
- Ван-Мигем Ж. Энергетика атмосферы / Ж.Ван-Мигем.- Л.: Гидрометеиздат, 1977.- 327 с.
- Гилл А. Динамика атмосферы и океана: в 2 т./А.Гилл. - М.: Мир, 1986. Т. 1.- 397 с.; Т.2.- 415 с.
- Госсард Э.Э. Волны в атмосфере / Э.Э.Госсард, У.Х.Хук..-М.:Мир, 1978.- 532 с.
- Гутман Л.Н. Введение в теорию мезометеорологических процессов / Л.Н.Гутман. – Л.: Гидрометеиздат,1969.- 295 с.
- Динамическая метеорология. Учебное пособие / под ред.Д.Л.Лайхтмана. – Л.:Гидрометеиздат, 1976.- 607 с.
- Калинин Н.А. Динамическая метеорология. Учебное пособие / Н.А.Калинин.- Пермь.: Изд-во Пермского ун-та, 2001.- 260 с.
- Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Э.Н.Лоренц. -Л.:Гидрометеиздат, 1970.- 289 с.
- Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика: в 2 т. / Дж.Педлоски. -М.:Мир, 1984. - 811 с.

