

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

*Декан геолого-географического  
факультета*

*Г.М. Татьяна*

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

**ФИЗИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ**

Рабочая программа

**Направление подготовки 021600 – ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ**

Профиль Метеорология

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

**Общий объём дисциплины** 216 часов. Из них: лекции – 94 часа, лабораторные занятия – 46 часов, самостоятельная работа студентов – 76 часов, курсовая работа.

**Экзамен** во 2 и 4 семестрах, зачёт – в 3 семестре, курсовая работа – в 4 семестре. Общая трудоёмкость дисциплины 6 зач. ед.

**Составитель:** Рыбакова Жанна Вениаминовна – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии.

**Рецензент:** Блинкова Вера Георгиевна – кандидат физ.-мат. наук, старший преподаватель кафедры общей физики.

## 1. Цели освоения дисциплины

**Целью** освоения дисциплины «Физическая метеорология» является изучение радиационных, термодинамических, турбулентных свойств атмосферы, а также водного режима атмосферы – распределения водяного пара во времени и пространстве, его фазовых переходов и формирования особых аэрозольных сред (облаков, туманов, зон дождя), которые оказывают большое влияние на радиационный и тепловой режим атмосферы, на видимость в атмосфере и её влажность. Кроме того, рассматривается влияние состояния атмосферы и степени развития в ней турбулентных движений на характер процессов облакообразования и осадкообразования, на формирование туманов. Поскольку наличие и характер облаков, туманов, осадков зависит от большого числа факторов, **целью** освоения дисциплины является изучение свойств атмосферы, влияющих на формирование этих аэрозольных сред, приближение её к состоянию насыщения при различных ситуациях, что связано с изменением скорости испарения, усилением или ослаблением восходящих движений конвективного и турбулентного характера, изменением влажности и температуры, а также устойчивости атмосферы.

**Задачи** дисциплины: научиться при различных условиях атмосферы оценивать изменения потоков лучистой энергии, термодинамических свойств атмосферы, характера её движения и при различных радиационных, термодинамических и турбулентных условиях оценивать возможность формирования таких атмосферных явлений, как туманы, облака, атмосферные осадки; научить студентов оценивать возможность формирования облаков, осадков, туманов по комплексу метеорологических величин и их изменению, а также решать обратные задачи – по наличию и характеру атмосферных явлений, связанных с содержанием влаги в атмосфере, определять состояние атмосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре бакалаврской программы

Дисциплина «Физическая метеорология» является базовой дисциплиной, поскольку в неё входят вопросы как всех свойств атмосферы, благодаря которым, в конечном итоге, сформировалась нынешняя жизнь на Земле. «Физическая метеорология» близко смыкается также с соответствующими разделами дисциплин «Общей физики» и «Активных воздействий на погодные процессы».

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Физическая метеорология»**, сводятся к следующему.

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

Выпускник с квалификацией «бакалавр» должен обладать компетенциями:

-использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования (ОК-10);

-понимать значение информации в развитии современного общества (ОК-11);

-быть способным к обобщению, анализу информации, постановке цели и выбору путей достижения (ОК-1);

-обладать базовыми знаниями в области гидрометеорологии (ПК-3);

-понимать и критически анализировать базовую информации гидрометеорологии (ПК-7);

-владеть методами оценки влияния метеорологических факторов на окружающую среду и отрасли промышленности, сельского хозяйства, транспорта и др. (ПК-11);

-уметь работать с традиционными носителями информации (ПК-1);

-владеть вычислительными навыками и знать методы обработки гидрометеорологических данных (ПК-10).

Для освоения дисциплины «Физическая метеорология» студент должен выполнить внеаудиторную самостоятельную работу по отдельным разделам курса в пределах необходимого количества часов. Темы и формы самостоятельной работы могут корректироваться после консультации с преподавателем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

– радиационные, турбулентные, термодинамические свойства атмосферы;

– условия и характер фазовых переходов воды в атмосфере;

– условия формирования туманов, облаков, атмосферных осадков;

**уметь:**

– по комплексу метеорологических величин и их изменений оценить возможность формирования определённых облаков, атмосферных осадков, туманов;

– решать обратные задачи – по наличию и характеру атмосферных явлений, связанных с содержанием влаги в атмосфере, определять состояние атмосферы;

– определять с помощью аэрологической диаграммы уровень конденсации, различные гигрометрические и термодинамические характеристики, оценивать энергию неустойчивости в разных слоях и делать предположения о возможности формирования определённых облаков или туманов;

**владеть:**

– методом частицы для оценки устойчивости атмосферы;

– методом слоя для оценки устойчивости атмосферы.

## 4. Структура и содержание дисциплины «Метеорология»

### 4.1. Структура преподавания дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включаю самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)					Самостоятельная работа студента	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточно й аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинары	Самостоятельная работа студента с преподавателем		
1.	Введение	2	1	1						
2.	Статика атмосферы	2	1-8	1 5	10		6	9	Собесе-дование Еженедельно, круглый стол 3 раза	
3.	Законы ослабления солнечной радиации в земной	2	9-14	1 2	6		5	5	Собесе-дование еженедельно, анализ графиков	

	атмосфере								параметров ослабления солнечной радиации	
4.	Вода в атмосфере	2	15-17	5		3		2	2	Собесе- дование еженедельно, круглый стол
5.	Фазовые переходы воды в атмосфере	3	1-4	7		3		3	2	Собесе- дование еженедельно, оценка состояния погоды еженедельно, круглый стол 2 раза
6.	Туманы	3	5-9	8		1		2	3	Собесе- дование еженедельно, круглый стол
7.	Облака	3	10-14	7		4		2	3	Собесе- дование еженедельно, описание облачности по снимкам, круглый стол
8.	Атмосферные осадки	3	15-17	4		2		1	1	Собесе- дование еженедельно, описание облачности по снимкам
9.	Термодина- мика атмосферы	4	1-14	2 9		13		12	12	Собесе- дование еженедельно, оценка состояния фактической атмосферы, круглый стол 3 раза

10.	Турбулентная атмосфера	4	15-17	6	4	3	3	Собеседование еженедельно, оценка состояния фактической атмосферы, круглый стол 2 раза
<b>ВСЕГО:</b>				<b>9 4</b>	<b>46</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

1. **Введение.** Предмет и задачи дисциплины. Роль свойств атмосферы в жизнедеятельности человека и состоянии окружающей его среды. Связь с другими дисциплинами.

### 2. Статика атмосферы.

2.1. Основные силы, действующие в атмосфере. Условие статического состояния системы. Основное уравнение статики и его анализ. Интегральные формы основного уравнения статики атмосферы.

2.2. Барометрические формулы для однородной, изотермической и политропной атмосферы. Полная барометрическая формула Лапласа. Неполная барометрическая формула Бабинэ.

2.3. Барическая ступень. Изменение барической ступени с высотой. Сравнение барической ступени в холодном и тёплом воздухе. Изменение барической ступени в атмосфере различных моделей.

3. **Законы ослабления солнечной радиации в атмосфере.** Закон Бугера. Оптическая масса и оптическая толщина атмосферы, массовый и объёмный коэффициент ослабления; коэффициент прозрачности атмосферы и его физический смысл, фактор мутности и его физический смысл.

### 4. Вода в атмосфере.

4.1. Движение влаги в атмосфере. Влагооборот в атмосфере. Испарение и испаряемость. Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере. Расчет испарения с суши и с поверхности океана.

4.2. Распределение характеристик влажности в атмосфере. Закон распределения удельной влажности с высотой в приземном слое. Распределение и суточный ход влажности в пограничном слое атмосферы над сушей и океаном. Распределение влажности в тропосфере и стратосфере.

### 5. Фазовые переходы воды в атмосфере.

5.1. Аналитическая и графическая зависимости упругости насыщения от температуры. Формула Магнуса. Зависимость упругости насыщения от

агрегатного состояния испаряющей поверхности. Объяснение различия в значениях упругости насыщения водяного пара над льдом и переохлажденной водой, следствие этого явления в атмосфере. Влияние кривизны испаряющей поверхности, химического состава и числа ядер конденсации, наличия электрического заряда на капле на величину упругости насыщения. Зависимость упругости насыщения от концентрации раствора капли. Предоблачная стадия роста капли. Условия конденсации водяного пара в чистой атмосфере.

**5.2.** Роль ядер конденсации в процессе конденсации. Растворимые и нерастворимые ядра конденсации в атмосфере. Происхождение ядер конденсации. Размер ядер конденсации. Изменение числа ядер конденсации во времени и пространстве. Коагуляция ядер. Активность ядер.

**5.3.** Переохлаждение и замерзание воды в атмосфере. Гомогенный фазовый переход. Устойчивость зародыша ледяной фазы при гомогенном переходе. Гетерогенный фазовый переход.

## **6. Туманы.**

**6.1.** Определение дымки и тумана. Интенсивность туманов и дымки. Водность тумана. Механизм образования туманов под влиянием испарения воды. Туманы испарения, условия, благоприятные для их образования. Роль процесса перемешивания масс воздуха с различными термическими и гигрометрическими свойствами в образовании тумана. Условия, благоприятные для образования тумана при участии процесса перемешивания масс воздуха. Механизм образования туманов под влиянием смешения масс воздуха с различными термогигрометрическими свойствами. Роль процесса охлаждения воздуха в образовании туманов. Радиационные, адвективные туманы, туманы восхождения; условия, благоприятные для образования этих туманов. Фронтальные туманы.

**6.2.** Агрегатное состояние туманов, относительная влажность в туманах, распределение температуры с высотой в туманах, высота верхней границы туманов.

**6.3.** Образование туманов над снежной поверхностью. Благоприятные и неблагоприятные условия образования и сохранения капельно-жидких туманов над снежной поверхностью. Образование кристаллических туманов над снежной поверхностью. Суточный и годовой ход повторяемости туманов.

**7. Облака.** Определение облаков. Сходства и различия между облаками и туманами. Три принципа классификации облаков (генетический, морфологический, по микрофизическому строению).

**7.1.** Кучевообразные облака. Внешний вид кучевообразных облаков и основные процессы, приводящие к их образованию. Вертикальные движения внутри кучевообразного облака. Струи и термики. Теплая воздушная оболочка вокруг мощного кучевообразного облака. Изменение высоты нижней границы кучевообразного облака во времени и пространстве. Высота расположения верхней границы наиболее мощных кучевообразных облаков. Процесс вовлечения.



**7.2.** Волнистообразные облака. Волновые движения в атмосфере. Условия образования волнистообразных облаков. Устойчивые и неустойчивые волны. Зависимость устойчивости волны от разности температур и скоростей ветра двух потоков. Волны препятствий. Характер волновых движений по теории Релея. Ячейки. Открытые и закрытые ячейки. Анализ синоптической обстановки по характеру ячеек по спутниковым данным. Облачные гряды ячеек. Условия образования облачных гряд.

**7.3.** Слоистообразные облака. Высота уровня основания облаков, её изменение во времени и пространстве. Водность слоистообразных облаков, изменение её с высотой. Зависимость водности облаков от метеорологических параметров. Изменение температуры воздуха с высотой под влиянием процессов облакообразования. Надоблачная и подоблачная инверсия температуры.

**7.4.** Распределение облачных капель по размерам. Характерные черты кривой повторяемости капель по размерам.

## **8. Атмосферные осадки.**

**8.1.** Определение атмосферных осадков. Интенсивность осадков. Генетическая и морфологическая классификации осадков, характеристика каждого класса осадков.

**8.2.** Связь процессов образования осадков, интенсивности осадков с микрофизическим строением облаков и их вертикальной мощностью. Условия, благоприятные для образования осадков большой интенсивности.

**8.3.** Процессы укрупнения облачных элементов и образования осадков. Укрупнение облачных частиц на различных стадиях развития облака. Выпадение осадков. Испарение осадков.

## **9. Термодинамика атмосферы.**

**9.1.** Уравнение первого начала термодинамики для сухого воздуха. Сравнение уравнений первого начала термодинамики для идеального газа и для сухого воздуха.

**9.2.** Адиабатические процессы в сухом воздухе. Уравнение Пуассона. Сухоадиабатический градиент температуры. Приближенное уравнение сухой адиабаты. Политропический процесс.

**9.3.** Методы анализа устойчивости атмосферы (метод частицы и метод слоя). Критерии устойчивости атмосферы по методам частицы и слоя, их сравнение. Изменение устойчивости атмосферы во времени.

**9.4.** Потенциальная температура. Расчет потенциальной температуры по уравнению Пуассона. Приближенный расчет потенциальной температуры. Вертикальный градиент потенциальной температуры.

**9.5.** Адиабатические процессы во влажном насыщенном воздухе. Уравнение первого начала термодинамики для влажного насыщенного воздуха. Влажноадиабатический градиент.

**9.6.** Термодинамические графики, их назначение. Аэрологическая диаграмма. Определение различных характеристик с помощью аэрологической диаграммы. Псевдоадиабатический процесс. Энергия неустойчивости.

**9.7.** Потенциально устойчивая и потенциально неустойчивая стратификации. Влияние влажности на плотность частицы и окружающего её воздуха, на силу плавучести.

**9.8.** Оценка влияния физического состояния атмосферы на полёты воздушных судов.

### **10. Турбулентная атмосфера.**

**10.1.** Турбулентность, её простейшие характеристики (число Рейнольдса, пульсации метеорологических величин, число Ричардсона, путь смешения, коэффициент турбулентного обмена, коэффициент турбулентности). Турбулентный, конвективный и молекулярный потоки.

**10.2.** Потоки тепла. Приток тепла в турбулентной атмосфере. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере. Частные виды уравнения притока тепла в турбулентной атмосфере.

## **5. Образовательные технологии при изучении дисциплины «Метеорология»**

1. Во время проведения лекционных занятий непременно предметом разбора являются туманы, облака, атмосферные осадки, которые наблюдаются в это время, то есть студент может проследить за характеристиками этих атмосферных явлений и за их изменением.
2. Лекционные занятия расширяют и закрепляют занятия лабораторные, в ходе которых студенты индивидуально сдают теория, расчёты и в ряде случаев получают индивидуальные задачи. Сдача теории имеет форму собеседования, в ходе которого определяются слабые места, даётся рекомендация по их заполнению качественными знаниями.
3. По наиболее слабоусвоенному материалу проводятся «круглые столы» в различных временных режимах, где студенты рассказывают, как они понимают материал и что является препятствием для его усвоения. Причины бывают различные – какие-то разделы физики и математики в школе пройдены недоброкачественно, необоснованный страх перед этими дисциплинами, неумение работать с единицами измерения основных физических величин, отсутствие навыков элементарного анализа полученных результатов. В зависимости от характера недостатков ведётся работа по их устранению.
4. Разбираются снимки облачности из банка данных кафедры, собственные снимки, снимки, полученные из ресурсов интернета с полным разбором характеристик облачности и установлением состояния атмосферы.
5. При спорных ситуациях всегда можно воспользоваться приборами и данными учебной метеостанции (УМС), где текущий атмосферный процесс разбирается как в поле облаков, так и в распределении основных метеорологических величин.

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

**6.1. Перечень примерных вопросов для самостоятельной работы**

1. Что представляют собой барометрические формулы и какую зависимость они отражают?
2. Какие характеристики входят в понятие модели атмосферы?
3. Как определить область применения модели атмосферы?
4. Каковы механизмы ослабления солнечной радиации в атмосфере? От каких факторов они зависят?
5. Лучи каких длин волн больше поглощаются в различных слоях атмосферы?
6. Лучи каких длин волн больше рассеиваются в земной атмосфере?
7. Каковы особенности молекулярного рассеяния?
8. Каковы особенности аэрозольного рассеяния?
9. Привести примеры молекулярного и аэрозольного рассеяния в атмосфере.
10. Какой физический смысл несут параметры ослабления лучистой энергии в атмосфере – массовый коэффициент ослабления, оптическая масса и оптическая толщина атмосферы, линейный коэффициент ослабления, коэффициент прозрачности и фактор мутности?
11. Чем отличается ослабление монохроматического потока от ослабления интегрального потока лучистой энергии?
12. В чём заключается эффект Форбса?
13. В чём различие составляющих влагооборота над сушей и океаном?
14. Почему важно знать зависимость упругости насыщения от различных факторов?
15. В чём заключается важность изучения изменения гигрометрических величин во времени и пространстве?
16. Какие фазовые переходы воды возможны в атмосфере? От каких факторов они зависят?
17. Что представляют собой гомогенный и гетерогенный переходы. Привести примеры?
18. Почему важно изучать аэрозольные водные среды?
19. Что собой представляют дымки, туманы, облака?
20. Что общего у этих сред?
21. В чём состоит их различие?
22. С какой стороны характеризует свойства атмосферы каждая из этих сред?
23. В чём состоят различия между туманами?
24. В чём состоят различия между облаками?
25. В чём состоит отличие фронтальных туманов от других туманов?
26. В чём состоит отличие фронтальных облаков от внутримассовых?

27. Как по наличию и характеру облачных ячеек можно судить о состоянии атмосферы?
28. Влияют ли облака на поле температуры воздуха? Привести примеры.
29. Почему из одних облаков осадки выпадают, при других – не выпадают никогда, из третьих – лишь при определённых условиях, а из четвёртых – хотя и выпадают, но не достигают подстилающей поверхности?
30. Какова роль адиабатических процессов в атмосфере?
31. Какие адиабатические процессы могут протекать в атмосфере?
32. Возможно ли по атмосферным явлениям (их наличию и характеру) определить вид адиабатического процесса?
33. По каким признакам можно оценить устойчивость атмосферы?
34. С помощью каких методов можно определить степень устойчивости атмосферы?
35. Как выбрать оптимальный метод оценки устойчивости атмосферы?
36. Каковы критерии этих методов?
37. Согласуются ли между собой результаты оценки устойчивости атмосферы, полученные с помощью разных методов?
38. Какие характеристики можно получить с помощью аэрологической диаграммы?

## **6.2. Формы представления самостоятельной работы**

При выполнении заданий самостоятельной работы студентам предстоит:

- самостоятельная формулировка темы задания (при необходимости);
- сбор и изучение информации;
- анализ, систематизация и трансформация информации;
- отображение информации в необходимой форме;
- консультация у преподавателя;
- коррекция поиска информации и плана действий (при необходимости).

## **6.3. Примерный перечень вопросов к зачёту и экзамену**

1. Чем отличаются уравнения состояния идеального газа, сухого воздуха, водяного пара и влажного воздуха, и в чём их схожесть?
2. Какие выводы можно сделать при анализе основного уравнения статики атмосферы?
3. Чем отличается полная барометрическая формула Лапласа от неполной барометрической формулы Бабинэ?
4. Как изменяется барическая ступень с высотой в атмосферах различных моделей?
5. Какова область применения различных моделей атмосферы?
6. Каковы свойства абсолютно чёрных, белых и серых тел?

7. Как изменяется поток солнечной радиации при его прохождении через земную атмосферу?
8. С помощью каких параметров можно оценить ослабление потока солнечной радиации в атмосфере? Какую информацию несёт каждый из этих параметров?
9. Описать все звенья влагооборота воды в атмосфере.
10. От каких факторов зависит скорость испарения влаги с поверхности суши и океана?
11. Как изменяется влажность воздуха с высотой в различных слоях атмосферы?
12. Как изменяются характеристики влажности во времени? Привести примеры периодических и непериодических изменений.
13. Какова зависимость упругости насыщения от различных факторов?
14. Дать анализ формулы Магнуса.
15. Какова роль наличия и характера ядер в процессах фазовых переходов воды? Охарактеризовать классификации ядер.
16. Как происходит замерзание воды в атмосфере? Чем отличаются гомогенный и гетерогенный фазовый переходы? Какой из них является основным при фазовом переходе вода – лёд?
17. Чем отличаются туманы и дымки?
18. Чем отличаются туманы и облака?
19. Каковы основные туманообразующие факторы?
20. Описать механизмы формирования туманов под влиянием каждого из основных туманообразующих факторов.
21. Чем различаются радиационные туманы и туманы испарения по условиям образования и по физическим характеристикам?
22. Чем различаются адвективные и радиационные туманы по условиям образования и по физическим характеристикам?
23. В чём состоит особенность туманов восхождения?
24. Чем отличаются от других туманов фронтальные туманы?
25. В каких случаях туман является адвективно-радиационным?
26. Какова стратификация воздуха в различных туманах?
27. Каковы благоприятные условия формирования каждого вида туманов?
28. Как характеризует состояние атмосферы наличие тумана?
29. Как зависит мощность тумана от его вида?
30. Каковы условия образования и сохранения капельно-жидких и кристаллических туманов над снежной поверхностью?
31. Выражены ли суточный и годовой ход повторяемости туманов?
32. По каким принципам можно классифицировать облака?
33. О чём свидетельствует наличие облачных ячеек?
34. О чём свидетельствуют облачные гряды?
35. Чем отличаются открытые и закрытые ячейки? При каких условиях они формируются?

36. Каковы условия образования кучевообразных облаков?
37. Каковы условия образования волнистообразных облаков?
38. В чём состоит особенность слоистообразных облаков?
39. Как создаются надоблачная и подоблачная инверсии температуры?
40. Каковы особенности распределения облачных капель по размерам?
41. Описать вертикальные движения и поле температуры в кучевообразных облаках и околооблачном пространстве.
42. Каковы используемые классификации атмосферных осадков? Дать характеристику каждого класса.
43. От каких факторов зависит выпадение осадков из облака?
44. Каковы процессы укрупнения облачных элементов на различных стадиях развития облака и образования осадков?
45. От каких причин зависит возможность достижения выпавшими осадками подстилающей поверхности?
46. Назвать особенности облаков, входящих во фронтальные облачные системы.
47. Оценить роль адиабатических процессов в образовании облаков.
48. Сравнить адиабатические процессы в сухом (сухоадиабатический процесс) и влажном (влажноадиабатический и псевдоадиабатический процессы) в воздухе. Каким слоям в облачной атмосфере соответствуют эти процессы?
49. Возможно ли по облакам и атмосферным осадкам определить, какой адиабатический процесс протекает – влажноадиабатический или псевдоадиабатический? Привести примеры.
50. Рассмотреть методы оценки устойчивости атмосферы и критерии этих методов.
51. Какие облака характерны для устойчивой и неустойчивой атмосферы?
52. Считая состояние атмосферы изменяющимся (от устойчивости к неустойчивости и наоборот, степени устойчивости и неустойчивости) аргументировать изменения в поле облачности.
53. Как с помощью аэрологической диаграммы можно оценить состояние атмосферы? Проанализировав профили метеорологических величин, аргументировать наличие облаков определённых форм или их отсутствие.
54. Описать влияние физического состояния атмосферы на полёты воздушных судов.
55. Каковы особенности турбулентного режима движения атмосферы? Какие параметры и простейшие характеристики свидетельствуют о степени развития турбулентности?
56. Как степень развития турбулентности влияет на процесс облакообразования? Какие облака формируются в атмосфере с высокой степенью развития турбулентных движений?

#### **6.4. Темы для лабораторных занятий**

Лабораторные занятия закрепляют знания студентов в курсе «Физическая метеорология», прививают навыки самостоятельной работы с материалами наблюдений.

1. Лабораторная работа № 1. Основные законы излучения
2. Лабораторная работа № 2. Ослабление потоков солнечной радиации с земной атмосферой
3. Лабораторная работа № 3. Плотность сухого воздуха
4. Лабораторная работа № 4. Плотность влажного воздуха
5. Лабораторная работа № 5. Виртуальная температура
6. Лабораторная работа № 6. Вертикальный градиент давления
7. Лабораторная работа № 7. Барическая ступень
8. Лабораторная работа № 8. Однородная атмосферы
9. Лабораторная работа № 9. Изотермическая атмосфера
10. Лабораторная работа № 10. Политропная атмосфера
11. Лабораторная работа № 11. Реальная атмосфера
12. Лабораторная работа № 12. Сравнительная характеристика атмосферных параметров, полученных с помощью различных моделей атмосферы
13. Лабораторная работа № 13. Испарение и испаряемость
14. Лабораторная работа № 14. Распределение характеристик влажности во времени и в пространстве
15. Лабораторная работа № 15. Фазовые переходы воды в атмосфере
16. Лабораторная работа № 16. Микрофизические характеристики облаков и туманов
17. Лабораторная работа № 17. Расчёт нижней границы облаков
18. Лабораторная работа № 18. Расчёт возможности образования тумана
19. Лабораторная работа № 19. Атмосферные осадки
20. Лабораторная работа № 20. Уравнение первого начала термодинамики для сухого воздуха
21. Лабораторная работа № 21. Адиабатические процессы в сухом воздухе
22. Лабораторная работа № 22. Потенциальная температура, её расчёт и изменение с высотой
23. Лабораторная работа № 23. Влажноадиабатические процессы, расчёт влажноадиабатического градиента
24. Лабораторная работа № 24. Определение гигрометрических величин и термодинамических температур с помощью аэрологической программы
25. Лабораторная работа № 25. Оценка устойчивости атмосферы
26. Лабораторная работа № 26. Расчёт коэффициента турбулентности и параметра шероховатости
27. Лабораторная работа № 27. Расчёт термического и динамического факторов турбулентности

## **6.5. Оценочные средства для контроля успеваемости**

1. Ежедневная сдача теорий и расчётов в ходе лабораторных занятий в ходе собеседования.

2. «Круглые столы» по наиболее трудным вопросам (не реже одного раза в месяц).

3. Разбор облачности по снимкам (еженедельно на лекционных и лабораторных занятиях).

4. Разбор атмосферных явлений (облака, туманы и осадки по реальному небесному своду еженедельно на лекционных и лабораторных занятиях).

5. Зачёт в III семестре, экзамен во II, IV семестрах.

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

***Основная:***

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы /Л.Т. Матвеев. - С.-Пб.: Гидрометеиздат, 2000. - 778 с.
2. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы /Л.Т. Матвеев. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. -751 с.
3. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы /Л.Т. Матвеев. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 639 с.
4. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы /Л.Т. Матвеев. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 876 с.
5. Семенченко Б.А. Физическая метеорология /Б.А. Семенченко. -М.:«Аспект Пресс», 2002. - 415 с.
6. Хргиан А.Х. Физика атмосферы /А.Х. Хргиан. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. -319 с.

***Дополнительная:***

1. Аверкиев М.С. Метеорология /М.С.Аверкиев. - М. : Изд-во МГУ, 1960. - 166 с.
2. Борисенков Е. П. , Базлова Т. А. , Ефимова Л. К. Перистая облачность и ее влияние на атмосферные процессы /Е.П. Борисенков, Т.А. Базлова, Л.К.Ефимов . - Л. : Гидрометеиздат, 1989. - 119 с.
3. Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере /Э. Госсард, У.Хук. - М.: Изд-во «Мир», 1978. – 532 с.
4. Занков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда /Г.Е. Занков, С.А.Маслов, В.Л. Рубайло. - М.: Химия, 1991. - 139 с.
5. Литвинов И.В. Осадки в атмосфере и на поверхности земли /И.В. Литвинов. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 208 с.
6. Погосян Х.П. Воздушная оболочка Земли /Х.П. Погосян. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. - 299 с.
7. Роджерс Р.Р. Краткий курс физики облаков /Р.Р. Роджерс. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. -231 с.



8. Шишкин Н.С. Облака, осадки и грозное электричество /Н.С. Шишкин. - Л.: Гидрометеиздат, 1964. - 401 с.
9. Шмeтер С.М. Термодинамика и физика конвективных облаков /С.М. Шмeтер. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 287 с.

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Учебная метеостанция кафедры метеорологии и климатологии, оснащённая метеорологическими приборами.
2. Реальный небесный свод с облачностью, туманами, осадками.
3. Банк снимков облачности, выполненных студентами, выпускниками, аспирантами и сотрудниками Томского государственного университета.
4. Снимки облачности представлены в ресурсах интернета.