

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»  
Географический факультет  
Кафедра физической географии и геоинформационных систем

Н.Ф. Харламова, Н.В. Захарчук

# **КЛИМАТОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ МЕТЕОРОЛОГИИ**

**Учебно-методическое пособие**



Барнаул

---

Издательство Алтайского  
государственного университета

2013

**УДК 551.583.1**

**ББК 26.2**

**X204**

Рецензент:

канд. геогр. наук, ст. научный сотрудник ИВЭП СО РАН

***В.П. Галахов***

**X204 Харламова Н.Ф.**

Климатология с основами метеорологии : учебно-методическое пособие / Н.Ф. Харламова, Н.В. Захарчук. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 92 с.

В учебно-методическом пособии представлены материалы по дисциплине «Климатология с основами метеорологии» («Учение об атмосфере»), включая рабочую программу, методические указания студентам. «Климатология с основами метеорологии» и «Учение об атмосфере» являются дисциплинами федерального компонента для студентов первого курса направлений 021000 – География и 022000.62 – Экология и природопользование.

УДК 551.583.1

ББК 26.2

*Печатается по решению учебно-методического совета  
географического факультета Алтайского госуниверситета*

© Харламова Н.Ф., Захарчук Н.В., 2013  
© Оформление. Издательство Алтайского  
государственного университета, 2013

## 1. Цели и задачи изучения дисциплины

Изучение курса «Климатология с основами метеорологии» – необходимое условие подготовки бакалавров по направлению «География» и курса «Учение об атмосфере» – по направлению «Экология и природопользование». Метеорология – наука об атмосфере Земли. Климатология – раздел метеорологии, в котором изучаются закономерности формирования климатов, их распределения по земному шару и изменения.

**Цель курса** – формирование у студентов базовых понятий об атмосфере Земли, происходящих в ней физических и химических процессах, определяющих погоду; а также объяснение основных закономерностей климата Земли, включая представление о формировании термического режима, влагооборота, общей циркуляции атмосферы и их пространственно-временной динамике.

### **Задачи дисциплины:**

- сформировать представление о строении атмосферы и происходящих в ней процессах;
- овладеть навыками работы с метеорологическими приборами и анализом условий формирования погоды;
- развить навыки эффективного использования метеорологической информации для решения разнообразных прикладных задач (экологии, сельского хозяйства, здравоохранения и др.);
- сформировать представление о современном климате, климатообразующих факторах и взаимосвязях в планетарной климатической системе;
- охарактеризовать наблюдающуюся динамику парниковых газов, изменчивость и изменения состояния климата Земли.

### **Место дисциплины в учебном процессе**

Курс «Климатология с основами метеорологии» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин федерального компонента и органично связан с другими общегеографическими дисциплинами: «Гидрология», «Геоморфология», «Ландшафтоведение» и др.

Изучение дисциплины осуществляется в течение второго семестра на I курсе. Учебным планом предусмотрено проведение полевой практики.

## 2. Требования к уровню освоения дисциплины

**Требования к обязательному минимуму содержания дисциплины.** В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования

по направлению подготовки 021000 «География», утвержденным Министерством образования Российской Федерации от 29.03.2010 г. №222, для дисциплины федерального компонента «Климатология с основами метеорологии» и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 022000.62 «Экология и природопользование», утвержденным Министерством образования Российской Федерации от 22.12.2009 г. №795, для дисциплины федерального компонента «Учение об атмосфере» утвержден следующий обязательный минимум содержания:

- радиационный и тепловой режим атмосферы;
- атмосферная циркуляция и климатообразование;
- классификация климатов;
- барическое поле Земли;
- изменение климата.

В процессе изучения дисциплины *студент должен:*

- усвоить теоретические знания по разделам курса;
- выполнить практические аудиторные и самостоятельные задания;
- пройти учебную полевую практику по метеорологии и микроклиматологии;
- овладеть методами наблюдений, обработки, анализа и исследования метеорологической и климатической информации;
- научиться составлять характеристику климата территории.

### 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Кол-во часов по очной форме обучения «Климатология с основами метеорологии»	Кол-во часов по очной форме обучения «Учение об атмосфере»
Семестров	2 семестр	2 семестр
Аудиторные занятия:	54	54
лекции	26	26
практические и семинарские занятия	0	0
лабораторные	28	28
самостоятельная работа	54	54
<b>ВСЕГО часов на дисциплину</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
Виды промежуточного контроля	Экзамен – 2 семестр	Экзамен – 2 семестр

## 4. Содержание курса

**Введение.** Метеорология и климатология. Атмосфера, погода, климат. Положение метеорологии и климатологии в системе наук, в том числе наук о Земле. Наблюдение и эксперимент, статистический анализ, физико-математическое моделирование. Значение карт. Метеорологическая сеть, метеорологическая служба, Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Всемирная служба погоды: наземная и космическая система наблюдений, глобальная система связи, глобальная система обработки данных. Всемирная климатическая программа (ВКП). Народно-хозяйственное значение метеорологии и климатологии. Основные этапы истории развития метеорологии и климатологии.

**Тема 2. Воздух и атмосфера.** Атмосферное давление, единицы его измерения. Температура воздуха, температурные шкалы. Состав сухого воздуха у земной поверхности. Давление водяного пара и относительная влажность, давление насыщенного пара и его зависимость от температуры. Изменение состава воздуха с высотой. Газовые и аэрозольные примеси к атмосферному воздуху, озон. Уравнение состояния. Плотность влажного воздуха. Строение атмосферы: основные слои и их особенности. Гомосфера и гетеросфера. Тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и пограничные слои между ними. Ионосфера и экзосфера. Основное уравнение статики атмосферы. Барометрические формулы. Приведение давления к уровню моря. Адиабатические процессы в атмосфере. Сухо- и влажно-адиабатические изменения температуры воздуха. Псевдоадиабатический процесс. Потенциальная температура. Типы вертикального распределения температуры.

**Тема 3. Радиация в атмосфере.** Электромагнитная и корпускулярная радиация. Зависимость радиации от температуры. Коротковолновая (солнечная) и длинноволновая (земная и атмосферная) радиация. Тепловое и лучистое равновесие Земли. Солнечная постоянная. Спектральный состав солнечной радиации. Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере и связанные с ними явления: рассеянный свет, сумерки и заря, атмосферная видимость. Прямая солнечная радиация. Закон ослабления радиации в атмосфере. Коэффициент прозрачности, фактор мутности. Суммарная радиация. Отражение радиации и альbedo. Поглощенная радиация. Освещенность. Излучение земной поверхности, встречное излучение, эффективное излучение. Радиационный баланс зем-

ной поверхности. Парниковый эффект. Уходящая радиация. Планетарное альbedo Земли. Распределение солнечной радиации на границе атмосферы. Географическое распределение суммарной радиации и радиационного баланса земной поверхности на земном шаре.

**Тема 4. Тепловой режим атмосферы.** Причины изменений температуры воздуха, индивидуальные и локальные изменения. Тепловой баланс земной поверхности. Различия в тепловом режиме почвы и водоемов. Суточный и годовой ход температуры поверхности почвы. Распространение температурных колебаний в глубину почвы. Слои постоянной суточной и годовой температуры. Влияние растительного и снежного покровов на температуру почвы. Суточный и годовой ход температуры поверхности водоемов. Распространение температурных колебаний в воде. Суточный ход температуры воздуха и его изменения с высотой. Непериодические изменения температуры воздуха. Междусуточная изменчивость температуры воздуха. Заморозки. Годовая амплитуда температуры воздуха и континентальность климата. Типы годового хода температуры воздуха. Изменчивость средних месячных и годовых температур. Приведение температуры к уровню моря. Карты изотерм. Географическое распределение температуры, влияние суши и моря, орографии и морских течений. Температуры широтных кругов, аномалии температуры. Температура полушарий и Земли в целом. Среднее распределение температуры воздуха с высотой. Стратификация воздушных масс, стратификация атмосферы, ее роль в развитии вертикальных движений. Конвекция, ускорение конвекции. Инверсии температуры и их типы. Тепловой баланс системы Земля-атмосфера.

**Тема 5. Вода в атмосфере.** Насыщение и испаряемость. Транспирация, суммарное испарение. Скорость испарения. Географическое распределение испарения. Характеристики влажности воздуха. Суточный и годовой ход влажности воздуха, ее географическое распределение и изменение с высотой. Конденсация и сублимация в атмосфере. Ядра конденсации и замерзания. Городские ядра конденсации. Облака, микроструктура и водность облаков. Международная классификация облаков. Генетические типы: облака восходящего скольжения, слоистые облака, облака конвекции, орографические облака; их вид, полученный по фотографиям с метеорологических спутников Земли. Оптические явления в облаках. Облачность, ее суточный и годовой ход, географическое распреде-

ление. Продолжительность солнечного сияния. Дымка, туман, мгла. Условия образования туманов. Географическое распределение туманов. Смог. Образование осадков, конденсация и коагуляция. Виды осадков, выпадающих из облаков (дождь, морось, снег, крупа, град и др.). Электричество облаков и осадков. Гроза. Молния и гром. Наземные гидрометеоры (роса, иней, изморозь, жидкий и твердый налет, гололед). Характеристика режима осадков. Суточный и годовой ход осадков. Продолжительность и интенсивность осадков. Географическое распределение осадков, изогеты. Характеристики увлажнения. Засухи. Водный баланс на земном шаре. Снежный покров, его измерение и климатическое значение. Метель.

**Тема 6. Барическое поле и ветер.** Барическое поле, изобарические поверхности, карты изобар. Горизонтальный барический градиент. Барические системы. Изменения давления во времени, непериодические изменения и суточный ход. Междусуточная изменчивость давления. Годовой ход, месячные и годовые аномалии давления. Среднее распределение давления у земной поверхности в январе и июле. Карты давления, линии тока, изотакхи. Сходимость и расходимость линий тока, вертикальные движения. Турбулентность ветра. Влияние препятствий на ветер. Силы, действующие в атмосфере: сила тяжести, градиент давления, отклоняющая сила вращения Земли. Геострофический и градиентный ветер. Влияние трения на ветер. Уровень трения. Барический закон ветра. Сила трения и термический ветер. Суточный ход ветра.

**Тема 7. Атмосферная циркуляция.** Общая циркуляция атмосферы. Зональность общей циркуляции в связи с зональным распределением давления. Струйные течения. Длинные волны. Меридиональные составляющие общей циркуляции и междуширотный обмен воздуха. Роль циклонической деятельности в общей циркуляции атмосферы. Центры действия атмосферы (ЦДА) и главные фронты. Циркуляция в тропиках. Пассаты. Внутритропическая зона конвергенции (ВТЗК). Тропические муссоны. Экваториальная зона западных ветров. Тропические депрессии. Тропические циклоны. Циркуляция внетропических широт. Воздушные массы и их движение. Трансформация воздушных масс. Возникновение фронтов. Теплый, холодный фронты. Фронт окклюзии. Фронт и струйное течение. Циклоны и антициклоны, их возникновение, изменение барического поля с высотой, эволюция, перемещение, повторяемость. Погода в циклонах и антициклонах. Местные циркуляции:

бризы, горно-долинные, ледниковые и стоковые ветры. Фен, бора. Шквалы, смерчи и тромбы.

Прогноз погоды. Служба погоды. Методы анализа и прогноза погоды.

**Тема 8. Климатообразование.** Теплооборот, влагооборот и атмосферная циркуляция как климатообразующие процессы. Географические факторы климата. Влияние географической широты на климат. Изменение климата с высотой: высотная географическая зональность. Влияние распределения суши и моря на климат. Континентальность климата, индексы континентальности, индексы увлажнения. Орография и климат. Океанические течения и климат. Влияние растительного и снежного покровов на климат. Микроклимат как явление приземного слоя атмосферы. Влияние рельефа, растительности, водоемов, зданий на микроклимат. Климат большого города. «Остров тепла». Микроклиматы леса, пашни и естественных травянистых формаций, горных территорий. Оценка глобальных эффектов антропогенных воздействий на климат. Непреднамеренные воздействия человека на климат. Изменения деятельной поверхности (сведение лесов, распаивание полей, орошение и обводнение, осушение, лесоразведение и пр.) и их последствия для климата. Техногенное увеличение концентрации углекислого газа и других радиационно-активных газов, а также аэрозолей.

**Тема 9. Климаты Земли.** Принципы классификации климатов. Классификация климата по В. Кеппену-Треварту. Климатические зоны суши по Л.С. Бергу. Генетическая классификация климатов Б.П. Алисова. Экваториальный климат. Климат тропических муссонов. Тропические климаты. Субтропические климаты. Климаты умеренных широт. Субполярный климат. Климат Арктики. Климат Антарктиды.

**Тема 10. Изменения климата.** Непостоянство климата, возможные причины его колебаний. Климат голоцена. Изменение климата за последнее тысячелетие. Изменение климата в период инструментальных наблюдений. Перспективы изменения климата в результате антропогенных воздействий. Некоторые результаты численного моделирования климата.

**Тема 11. Загрязнение атмосферы.** Антропогенное загрязнение атмосферы. Источники загрязнения. Условия концентрации и рассеивания выбросов. Изучение и исследование загрязнения атмосферы. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха и оценка уровня его загрязнения.



## 5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (лабораторный практикум)

### Лабораторная работа №1

#### Организация гидрометеорологических наблюдений в России. Устройство метеорологической площадки

*Цель работы:* познакомиться с организацией и порядком метеорологических наблюдений в России, изучить установку приборов на метеорологической площадке.

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть 1. Федеральная Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и Всемирная метеорологическая организация**

1. На основе методических материалов к работе изучить раздел «Организация гидрометеорологических наблюдений в России».
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы основные и повышенного уровня сложности (\*\*).

*Контрольные вопросы*

1. Система получения метеорологических данных в системе Росгидромета.
2. Основные требования к наземным метеорологическим наблюдениям.
3. Состав и сроки метеорологических наблюдений.
4. Метеорологические приборы и методы наблюдений.
5. Требования к метеорологическим приборам и метеорологической площадке.
6. Дистанционные и автоматические метеорологические станции.
7. \*\*Актинометрические приборы и наблюдения.
8. \*\*Радиолокационные метеорологические наблюдения
9. \*\*Аэрологические наблюдения
10. \*\*Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы

#### **Часть 2. Устройство метеорологической площадки**

1. Изучить установку приборов на метеорологической площадке.
2. Нарисовать схему расположения приборов на площадке.
3. Составить краткое описание метеорологической площадки.
4. Рассмотреть устройство, принцип работы инновационного (автоматического) оборудования для метеорологических наблюдений.

### *Контрольные вопросы*

1. Какие наблюдения проводятся на метеостанциях I разряда, постах?
2. Что означает понятие «срок наблюдений»?
3. Как устанавливается максимальный термометр для измерения температуры воздуха?
4. На какой высоте устанавливается осадкомерное ведро?

### *Дополнительные материалы к занятию 1*

**Метеорология** изучает физические явления и процессы в атмосфере Земли в их взаимодействии с земной поверхностью и космической средой. Одним из основных методов исследования в метеорологии является **метод наблюдений**, т.е. измерение и качественная оценка процессов, протекающих в природной обстановке.

Для изучения атмосферных процессов требуется такая организация наблюдений, которая позволила бы непрерывно следить за состоянием атмосферы на всем земном шаре у поверхности земли и на высотах. Для этого необходимо создание большого числа пунктов регулярных наблюдений по единой методике в определенные часы суток с помощью однотипных приборов. В России метеорологические наблюдения осуществляются системой гидрометеорологических станций и постов, автоматических метеорологических, радиометеорологических станций, кораблей погоды, метеорологических спутников Росгидромета. Гидрометеорологические станции (ГМС) и посты подразделяются на разряды в зависимости от объема выполняемой работы. Метеорологические станции 1-го разряда имеют наиболее полную программу наблюдений и осуществляют руководство метеорологическими станциями 2 и 3 разрядов и постами.

Все наблюдения и обработка полученных данных производятся согласно единым **Руководствам и Наставлениям**. Для проведения основных метеорологических наблюдений в настоящее время действует «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам» (вып. 3, ч. 1: Метеорологические наблюдения на станциях и постах; ч. 2: Обработка материалов метеорологических наблюдений. 1985).

К **основным метеорологическим наблюдениям** относятся следующие: измерения температуры, давления и влажности воздуха; наблюдения над облачностью, количеством осадков и высотой снежного покрова; определение скорости и направления ветра; измерение температуры на поверхности и разных глубинах в почве;

наблюдения над горизонтальной видимостью и различными явлениями, происходящими в атмосфере. Кроме того, на станциях производятся наблюдения над гололедно-изморозевыми отложениями в течение всего времени, пока отложения не разрушатся. На некоторых станциях ведутся дополнительные актинометрические и градиентные наблюдения.

**Актинометрические наблюдения** позволяют учитывать приходо-расход солнечной радиации на поверхности земли и баланс ее длинноволнового излучения, в том числе продолжительность солнечного сияния.

При **градиентных наблюдениях** измеряются скорость ветра, температура и влажность воздуха на уровнях **0,5 и 2 м** от подстилающей поверхности, а также температура на поверхности почвы и глубинах от 5 до 20 см. По данным актинометрических и градиентных наблюдений рассчитываются потоки тепла в приземном слое воздуха и в почве.

**Аэрологические наблюдения** заключаются в определении атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра в свободной атмосфере, т.е. до высоты около 40 км. В труднодоступных местах размещают радиометрические станции, регистрирующие в определенные сроки значения метеовеличин и передающие их по радио автоматически. Многие **посты** ведут наблюдения за осадками и снежным покровом.

К концу **2006 г.** наземная метеорологическая сеть России включала **1860 станций (ГМС)** и 3099 гидрометпостов, осуществляющих режимные наблюдения. Из указанного числа станций только 119 включены в Глобальную систему наблюдений за суши (GSN), в том числе метеостанция Барнаул. Основные метеостанции размещаются на территории так, чтобы обеспечивалась необходимая точность интерполяции фоновых значений метеорологических величин: в равнинных условиях – на расстоянии 50 км друг от друга, в горах – 30–40 км. Так как атмосферные осадки характеризуются большой изменчивостью, расстояние между постами должно быть не более 20–30 км на равнинах и 10–20 км в горных условиях.

Для получения достоверных и однородных (сравнимых) результатов наблюдений на всех станциях и постах должны использоваться однотипные приборы, проверенные (поверенные) метеорологическими органами Роскомгидромета.

Приземные метеорологические наблюдения на основных станциях производятся по всей территории одновременно (синхронно) в сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч Международного согласованного времени (Гринвичское время). В пределах России удобнее пользоваться определением сроков по московскому времени, которое отличается от среднего Гринвичского на +3 ч. Для удобства работы в книжках и таблицах наряду со сроком наблюдений по Гринвичскому и московскому времени указывается также поясное декретное время: зимой – зимнее, летом – зимнее + 1 ч. Например, запись 03/09/06 означает, что срок соответствует 03 ч Гринвичского, 09 местного и 06 московского времени. Летом данный срок наблюдений будет иметь запись 03/10/07. За конец суток принимается срок, ближайший к 20 ч поясного декретного (зимнего) времени. С момента окончания этого срока начинаются новые сутки.

Под **сроком наблюдения** понимается интервал времени продолжительностью 10 минут, заканчивающийся точно в указанный час. Так, под сроком 06 ч понимается интервал времени от 05 ч 50 мин до 06 ч 00 мин. **Все данные наблюдений записываются карандашом** в специальные книжки: метеорологические наблюдения – **КМ-1** (приложение), наблюдения за температурой почвы на глубинах – КМ-3, наблюдения за снежным покровом – КМ-5.

Таблица 1

Типовой порядок наблюдений

Время московское		Метеорологическая характеристика	Выполняемая работа
час	мин		
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	20		Осмотр и подготовка приборов, включение анеморумбометра
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	40	Температура почвы	Отсчеты по термометрам на поверхности почвы, по коленчатым термометрам Савинова и вытяжным почвенно-глубинным
Перед сроком, ближайшим к 8 ч поясного декретного времени	42	Состояние подстилающей поверхности. Снежный покров	Визуальная оценка состояния подстилающей поверхности; покрытия окрестностей снегом и характера его залегания, измерение высоты снега по постоянным рейкам

23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	45	Облачность	Определение количества и форм облаков
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	46	Метеорологическая дальность видимости (мдв)	Измерение по прибору или определение мдв по объектам
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	48	Температура и влажность воздуха, осадки	Отметка времени на лентах термографа и гигрографа, плевниографа
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	50	Температура и влажность воздуха	Отсчеты по термометрам и гигрометру в психрометрической будке
Перед сроком, ближайшим к 8 и 20 ч поясного декретного времени	52	Осадки	Смена сосудов осадкомера
	53		Возвращение с метеорологической площадки. Включение ИВО
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	54	Облачность	Измерение высоты нижней границы облаков с помощью ИВО
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	55	Ветер	Измерение характеристик по анеморумбометру
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	57	Осадки. Температура и влажность воздуха	Измерение количества осадков. Введение поправок к термометрам и вычисление характеристик влажности
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	58	Атмосферное давление	Отсчет по барометру; определение барометрической тенденции по барографу; обработка результатов наблюдений
23, 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20	59	Характеристика состояния погоды	Определение характеристики состояния погоды в срок и между сроками
0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21	00		Составление синоптической телеграммы и передача ее по каналам связи

Примечание: 1. В графе «Время» указан момент, когда следует начинать наблюдение (измерение) указанной метеорологической характеристики. 2. Если для измерения характеристик ветра используется флюгер, наблюдения по нему производятся перед отчетами по приборам в психрометрической будке. 3. ИВО – измеритель высоты облаков.

**Метеорологическая площадка** станции должна иметь форму квадрата (со стороной 26 м), одна сторона которого ориентирована в направлении север–юг. Мачты с анеморумбометром и флюгером, а также гололедный станок устанавливаются в северной части площадки; психрометрическая будка и будка для самописцев, осадкомер и пьювиограф размещаются в середине площадки; в южной части ее производятся наблюдения за температурой почвы. Для производства актинометрических и градиентных наблюдений площадка дополнительно увеличивается к югу. Специальные дорожки обеспечивают подход к будкам психрометрической и для самописцев – с северной стороны, гелиографу – с юга.

### **Психрометрическая будка**

Психрометрическая будка представляет собой небольшой деревянный шкаф, боковые стенки которого сделаны из двойного ряда наклонных планок в виде жалюзи (рис. 1). Одна из стенок служит дверцей. Сверху будка имеет потолок, над которым располагается крыша. Размер крыши больше размеров потолка, ее скат направлен на юг. Дно будки состоит из трех отдельных планок, средняя расположена немного выше крайних. Между планками образуются широкие просветы. Жалюзийные стенки и пол обеспечивают свободный доступ воздуха к приборам.

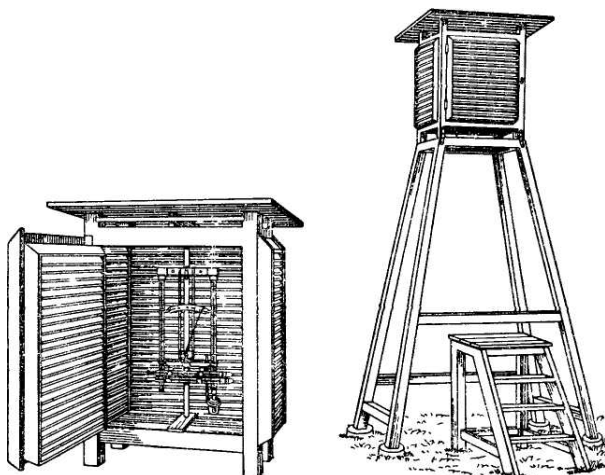


Рис. 1. Общий и внутренний вид психрометрической будки

Ориентируют будку дверцей на север, чтобы во время наблюдений солнечные лучи не могли попасть на термометры. Устанавливают будку на деревянной подставке так, чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м от почвы. Будка внутри и снаружи, лесенка и подставка окрашены белой масляной краской.

### **Автоматическая метеостанция (АМС)**

Предназначена для измерения и передачи в центр обработки метеорологических данных.

Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+60$  °С, относительная влажность: от 0 до 98% (без конденсации влаги), атмосферное давление: от 650 до 800 мм рт. ст.

Частота съема метеоданных – может быть задана произвольной в интервале от одной секунды до десятков минут.



Таблица 2

Измеряемые АМС метеорологических параметры АМС

№	Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Точность измерений
1	Температура окружающей среды	-50...+60°C	$\pm 0,2^\circ\text{C}$ (-20...+50°C), $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в остальном диапазоне
2	Относительная влажность	0...100%	$\pm 0,2\%$
3	Количество осадков	Размер капель 0,3...5 мм	
4	Вид осадков	Снег/дождь	
5	Атмосферное давление	300...1200 гПа	$\pm 1,5$ гПа
6	Направление ветра	0...359,9°	$\pm 3^\circ$
7	Скорость ветра	0...60 м/с	$\pm 0,3$ м/с

## Лабораторная работа №2 Воздух и атмосфера

*Цель работы:* закрепить знания о строении атмосферы; научиться измерять атмосферное давление, проводить барометрическое нивелирование.

*Порядок выполнения работы*

### **Часть 1. Атмосфера**

Подготовить ответы на вопросы:

1. Состав приземного слоя атмосферы.

Вертикальный разрез атмосферы. Деление атмосферы на слои по различным признакам.

**Состав оборудования АМС:**

- 1) метеомачта,
- 2) функциональный шкаф,
- 3) комплект датчиков.

**Часть 2. Атмосферное давление. Барометрическое нивелирование (лабораторная работа)**

1. Изучить единицы измерения давления, приборы для измерения давления.

2. Выполнить практическое задание – определить превышение 9-го этажа над 1-м главного корпуса Алт ГУ.

3. Рассчитать барическую ступень.





Рис. 2. Автоматическая метеостанция

*Практическое задание. Определение превышения 9-го этажа главного корпуса АлтГУ над 1-м с помощью анероида*

Принадлежности: барометр-анероид, термометр.

*Порядок выполнения задания*

1. Измерить давление на уровне 9-го этажа. Для этого: открыть крышку футляра, отсчитать по термометру при анероиде температуру прибора с точностью до 0,1 °С, постучав слегка пальцем по стеклу анероида (для преодоления трения в передаточном механизме), сделать отсчет положения стрелки на шкале с точностью до 0,1 мм рт. ст. Все отсчеты делают на уровне стола.

2. Спуститься на лифте на 1-й этаж и через 3–5 мин снять отсчеты по термометру и шкале анероида. Сделать трехкратное измерение температуры воздуха на улице с помощью термометра с точностью до 0,1 °С в течение 1–2 мин. Вернуться к лифту на 1-м этаже и снова отсчитать давление по анероиду.

3. Подняться на 9-й этаж и через 3–5 мин сделать последний отсчет давления по анероиду. В результате всех измерений должно быть четыре отсчета давления и три отсчета температуры воздуха.

4. Все наблюдения записать в таблицу 3.

6. Ввести к показаниям анероида соответствующие поправки, взятые из паспорта прибора.

7. Вычислить средние величины давления для 1-го и 9-го этажей и среднюю температуру наружного воздуха ( $t$ ). При вычислении  $t$  на уровне 9-го этажа необходимо учитывать, что изменение температуры с высотой составляет в среднем 0,6° на 100 м.

8. Вычислить превышение 9-го этажа над 1-м, пользуясь барометрической формулой Бабинэ:

$$H = 16000(1 + \alpha \times t_{cp.}) \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2},$$

где  $P_1$  – давление в нижнем пункте;  $P_2$  – давление в верхнем пункте;  $t_{cp.}$  – среднее значение температуры воздуха, измеренной в нижней и верхней точках;  $\alpha$  – коэффициент расширения воздуха, равный 0,00366.

9. Рассчитать величины вертикального барического градиента (изменение давления на 100 м высоты) и барической ступени (высота, соответствующая изменению давления на единицу) по данным барометрического нивелирования.

Таблица 3

Определение превышения 9-го этажа здания над 1-м

Место наблюдений	Температура воздуха	Анероид						Среднее значение давления	Превышение 9-го этажа над 1-м
		Отсчеты		Поправки			Исправленное давление		
		по термометру	по шкале анероида	шкаловая	температурная	добавочная			
9-й этаж									
1-й этаж									

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Для чего показания барометра приводятся к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  температуры и  $45^{\circ}$  широты?
2. В чем сущность барометрического нивелирования?
3. Что значит «привести давление к уровню моря»?
4. Выразить стандартное давление (1013 гПа) в мм рт. ст.
5. Значения давления на барографе 980,6 и 982,8 мбар. Перевести их в гПа.
6. Атмосферное давление составляет 820,5 и 811,6 мм рт. ст. Перевести в гПа.
7. Определить высоту горы, если у подножия давление составило 1020 гПа, температура воздуха  $23,0^{\circ}\text{C}$ ; на вершине горы соответственно 990 гПа и  $15,0^{\circ}\text{C}$ .
8. В Турфанской впадине (глубина 154 м) отмечалось давление 1050,0 гПа при температуре  $-15,0^{\circ}\text{C}$ . Определить давление на уровне моря, если температура не изменяется.
9. Рассмотреть карты распределения атмосферного давления на земном шаре в январе и июле. Выявить области максимального и минимального значений давления.

### ***Часть 3. Анализ картографического материала***

1. Рассмотреть карты атмосферного давления воздуха в Географическом атласе (1982) и ответить на вопросы:
  - а) Какова зависимость атмосферного давления от температуры воздуха?
  - б) Как распределяется давление у земной поверхности по земному шару? Почему?
  - в) В какое время года и где на земном шаре наблюдается самое высокое давление?
  - г) В какое время года и где на земном шаре наблюдается самое низкое давление?
  - д) Почему в Северной Америке зимний максимум давления менее мощный, чем в Евразии, хотя оба материка находятся примерно в одних и тех же широтах?
2. На контурных картах выделить области максимальных и минимальных значений давления.

### *Дополнительные материалы к занятию 2*

**Атмосферное давление.** Основной единицей давления, согласно Международной системе единиц (СИ), служит паскаль (Па). Наиболее часто в метеорологии используется гектопаскаль (гПа);

1 гПа =  $10^2$  Па. Другие единицы давления – миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.) и миллибар (мб): 1 мб = 1 гПа; 1 мм рт. ст. = 1,33 мб = 1,33 гПа. Среднее давление на уровне моря составляет 760 мм рт. ст., или 1013,2 мб, или 1013,2 гПа.

### Чашечный барометр

Чашечный барометр имеет следующее устройство (рис. 3). Стекло́нная трубка (1), запаянная сверху и наполненная дистиллированной ртутью, погружена нижним открытым концом в пластмассовую или металлическую чашку (2) с ртутью. Чашка сообщается с наружным воздухом через отверстие, закрываемое винтом (3). Воздух в верхней части стеклянной трубки отсутствует, поэтому под действием внешнего давления воздуха на поверхность ртути в чашке столбик ртути в трубке поднимается до определенной высоты. Вес столба ртути будет равен атмосферному давлению. Стекло́нная трубка с ртутью помещается в металлическую оправу, привинченную к чашке. В верхней части этой оправы сделан сквозной продольный прорез для наблюдений за положением столбика ртути. На одной стороне прореза нанесена шкала. Для отсчета десятых долей внутри оправы находится кольцо с нониусом, перемещаемым вдоль шкалы с помощью винта (4). В средней части оправы вмонтирован термометр, по которому измеряют температуру прибора перед отсчетом высоты ртутного столба.



Рис. 3. Чашечный барометр

Уровень ртути в чашке вследствие колебаний атмосферного давления может оказаться выше или ниже нуля шкалы. Для исключения ошибок в определении высоты ртутного столба из-за такого несовпадения применяется особая, так называемая компенсированная шкала с делениями меньше 1 мм. Чтобы найти высоту ртутного столба, соответствующую величине атмосферного давления, к отсчету по ртутному барометру вводится ряд поправок: инструментальная, температурная, поправки на ускорение силы тяжести в зависимости от широты места и его высоты над уровнем моря.

### Поправки ртутного барометра.

Атмосферное давление  $P$  равно весу столба ртути в барометрической трубке. Но для простоты и удобства атмосферное давление характеризуют не весом, а высотой ртутного столба  $H$ . Вес столба ртути можно представить как произведение:

$$P = H \cdot \rho \cdot g,$$

где  $\rho$  – плотность ртути;  $g$  – ускорение силы тяжести.

Величины  $\rho$  и  $g$  не обладают постоянством, поэтому непосредственные отсчеты, сделанные при разных температурах и ускорениях силы тяжести, несравнимы между собой. Их необходимо привести к стандартным условиям. При повышении температуры ртуть расширяется, плотность ее уменьшается, и высота ртутного столба оказывается завышенной по сравнению с наблюдениями при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая и принимается за «нормальную». Таким образом, *температурная поправка* при температурах  $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  будет иметь знак «—», температурах  $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – «+». Для сравнимости наблюдений, проведенных на различных широтах и высотах над уровнем моря, их приводят к стандартной силе тяжести. За стандартное принято ускорение силы тяжести на широте  $45^{\circ}$  и на уровне моря. В низких широтах (от  $0$  до  $45^{\circ}$ ) показания ртутного барометра оказываются завышенными, в высоких (от  $45$  до  $90^{\circ}$ ) – заниженными по сравнению с широтой  $45^{\circ}$ . С поднятием вверх показания также будут несколько завышены. Таким образом, *поправка на ускорение силы тяжести* в зависимости от широты места будет положительной в высоких широтах и отрицательной – в низких. Поправка на ускорение силы тяжести в зависимости от высоты над уровнем моря будет иметь знак «—» на всех высотах, имеющих абсолютную отметку выше уровня моря.

К отсчету по ртутному барометру вводится также *инструментальная поправка*, которой корректируются неточности в показаниях барометра, связанные с несовершенством его изготовления, например, неточной пригонкой шкалы и т.д. Инструментальную поправку находят путем сравнения данного прибора с эталонным и помещают в паспорте, прилагаемом к прибору. Исправленная величина давления (отсчет + поправки) выражает собой вес атмосферного столба на уровне станции. Для того чтобы иметь возможность сопоставить данные по атмосферному давлению метеорологических станций, находящихся на разной абсолютной высоте, давление обычно «приводят» к уровню моря (рис. 4). «При-

*вести давление к уровню моря»* – это значит, к исправленной величине атмосферного давления на уровне станции прибавить вес воздушного столба от уровня станции до уровня моря, выраженный в единицах давления:

$$P_{ур.м} = P_{ур.ст} + \Delta P.$$

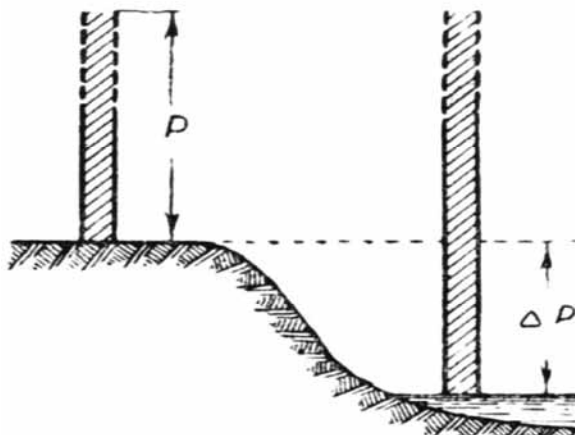


Рис. 4. Приведение давления к уровню моря

Истинное значение давления, измеренного ртутным барометром, представляет собой алгебраическую сумму отсчета по барометру и всех поправок. Для определения давления на уровне станции в отсчет по барометру вводится постоянная поправка и поправка на приведение показаний барометра к температуре 0 °С (определяется по таблице на станции). Постоянная поправка (сообщается на станцию из Управления) представляет собой сумму инструментальной поправки и поправки на приведение показаний барометра к нормальной силе тяжести. Для вычисления давления на уровне моря к атмосферному давлению на уровне станции прибавляется поправка  $\Delta P$ , которая находится из таблиц, рассчитанных для каждой станции.

### Анероид

Принцип действия основан на упругой деформации приемника под влиянием изменений атмосферного давления. В качестве

приемника употребляется металлическая anerоидная коробка с гофрированными дном и крышкой. Воздух из коробки выкачивается почти полностью. Для того чтобы коробка не сплющивалась давлением окружающего воздуха, сильная пружина оттягивает крышку коробки, приводя ее в равновесие. При увеличении внешнего давления крышка будет немного вдавливаться внутрь коробки, при уменьшении – приподниматься вверх. Величина деформации коробки при изменении давления очень мала, но при помощи системы рычагов эти незначительные колебания крышки коробки увеличиваются и передаются на стрелку, перемещающуюся вдоль шкалы с делениями. Весь механизм anerоида помещается в корпус со стеклянной крышкой. В настоящее время выпускаются беспружинные anerоиды. Роль пружины в них выполняют упругие крышки коробки. Приемник давления в этих anerоидах состоит из 5–6 коробок.

**Поправки к anerоиду.** К отсчетам по anerоиду вводятся три поправки: шкаловая, температурная и добавочная.

**Шкаловая поправка.** Anerоидная шкала делается стандартной для всех anerоидов данного типа, однако в каждом anerоиде могут быть свои инструментальные неточности. Поэтому показания anerоида могут отличаться от истинного давления, причем величина несовпадения будет неодинаковой в разных участках шкалы. В целях выявления этих ошибок anerоиды сравниваются при различном давлении, создаваемом в искусственных условиях, с точным ртутным манометром, и таким образом получают их шкаловые поправки.

Введение **температурной поправки** обусловлено изменением упругих свойств коробки и пружины при изменении температуры воздуха. Так, например, при повышении температуры их упругость уменьшается, вследствие чего коробка сдавливается больше, и anerоид показывает увеличение давления, хотя в действительности оно не менялось.

**Добавочная поправка** обусловлена постепенным изменением внутренней структуры металла пружины и коробки, следствием чего является изменение их упругости. Поправка меняется со временем, поэтому anerоиды периодически проверяют на заводах гидроретприборов, где находят новую добавочную поправку путем сравнения показаний anerоида с ртутным барометром. Anerоид применяется в полевых условиях.



Рис. 5. Приборы для измерения давления

### **Барометр БАММ-1 метеорологический**

Рабочее положение барометра – горизонтальное. Барометр должен быть защищен от влияния прямого солнечного света и резких колебаний температуры. Не реже одного раза в 12 месяцев следует проводить ведомственную поверку барометра.

### **Барометр М-67 контрольный**

Предназначен для измерения атмосферного давления в наземных условиях для работы в помещениях.

Рабочее положение – горизонтальное.

### **Барограф М-22А**

Предназначен для непрерывной регистрации во времени изменения атмосферного давления в наземных условиях.

Барограф состоит из следующих узлов: приемника давления, представляющего собой комплект анероидных коробок, температурного компенсатора, передаточного механизма, содержащего систему рычагов с осями и тягами, регистрирующей части, включающей стрелку с пером и барабан с часовым механизмом, корпуса.

Суммарная деформация мембран комплекта анероидных коробок, вызываемая изменением атмосферного давления, преобразуется при помощи передаточного механизма в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане с часовым механизмом. Барографы изготавливают двух типов: точные М-22АС и недельные М-22АН.



### Лабораторная работа №3

#### Солнечная радиация. Суммарная радиация

*Цель работы:* изучить устройство приборов для измерения солнечной радиации, приобрести навыки работы с приборами; провести анализ картографического материала, установить закономерности распределения на земном шаре суммарной радиации.

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть 1. Радиация в атмосфере**

Подготовить ответы на вопросы:

1. Влияние высоты Солнца на приток солнечной радиации.
2. Спектр электромагнитного излучения Солнца
3. Виды потоков солнечной радиации и единицы их измерения.
4. Почему и как ослабляется солнечная радиация при прохождении ее через атмосферу.

#### **Часть 2. Наблюдения за солнечной радиацией на метеостанциях**

1. Изучить единицы измерения солнечной радиации, приборы для измерения солнечной радиации.
2. Изучить устройство гелиографа, научиться заправлять ленты.
3. Провести обработку ленты и заполнить таблицы.

*Практическое задание:* обработка ленты гелиографа. *Принадлежности:* гелиограф с набором чистых лент, ленты с записью продолжительности солнечного сияния.

1. Ознакомиться с устройством гелиографа, способами его установки в различное время года и на различных широтах.

2. Заложить ленту в паз чашки. Обработать ленту в следующем порядке:

а) определить по следам прожога продолжительность солнечного сияния за каждый час (в часах и десятых долях часа);

б) подсчитать продолжительность солнечного сияния в течение дня и выразить ее в часах;

в) записать наблюдения в таблицу 4.

Таблица 4

Запись показаний гелиографа

Дата	Часы						Продолжительность солнечного сияния за день, час.
	0–1	1–2	2–3	3–4	и т.д.	20–21	

4. Определить время восхода и захода солнца, продолжительность дня.

5. Сравнить продолжительность солнечного сияния с продолжительностью дня и выразить фактическую продолжительность солнечного сияния в % от возможной (табл. 5).

Таблица 5

Расчет продолжительности солнечного сияния

Восход	Заход	Продолжительность солнечного сияния		Продолжительность солнечного сияния (в % от возможной)
		фактическая	возможная	

*Контрольные вопросы*

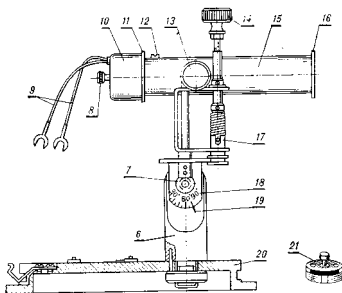
1. Почему зимние ленты вставляют в верхний паз чашки, а летние – в нижний?
2. Как устанавливают гелиограф?
3. Какие приборы, кроме гелиографа используются для наблюдений за солнечной радиацией?

**Часть 3. Анализ картографического материала по теме**

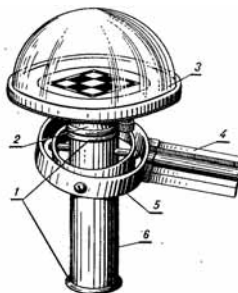
Рассмотреть карты распределения суммарной радиации (Географический атлас, 1982) и ответить на вопросы:

1. Как распределяется суммарная радиация по поверхности Земли?
2. Какие широты земного шара получают минимальное количество суммарной радиации?
3. Какие широты земного шара получают максимальное количество суммарной радиации?

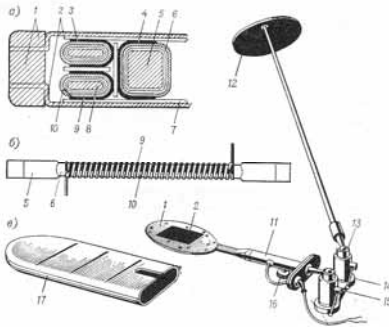
*Дополнительные материалы к занятию 3*



Термоэлектрический актинометр М-3



Альбедометр походный М-69



Балансомер М-10М



Гелиограф

Рис. 6. Актинометрические приборы

**Гелиограф.** Для непрерывной записи продолжительности солнечного сияния применяется универсальный гелиограф Кемпбела-Стокса (рис. 7).

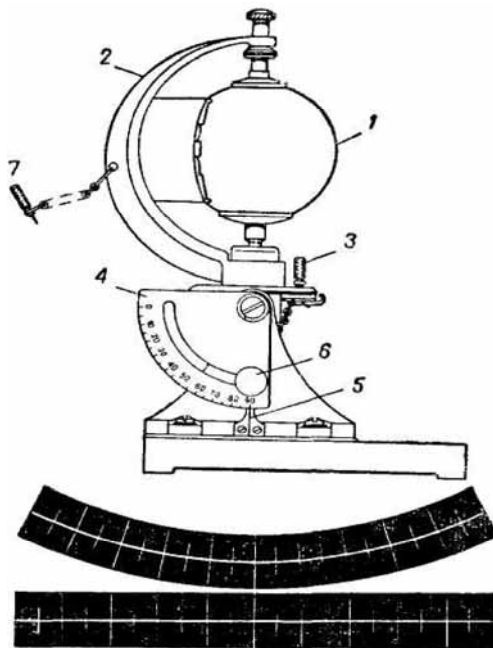


Рис. 7. Универсальный гелиограф и ленты к нему

Приемной частью прибора служит стеклянный шар (1), в фокусе которого устанавливается чугунная дугообразная пластинка-чашка (2). Она имеет три паза для картонных лент. Каждый паз служит для определенного времени года: средний – для осени и весны, верхний – для зимы, нижний – для лета. Лента закладывается так, чтобы ее среднее деление точно совпало со средней риской на чашке прибора. Лента прокалывается иглой (7) на штифте, который вставляется в специальное отверстие в чашке; этим фиксируется правильное положение ленты.

При правильной установке ленты прокол приходится на второе часовое деление от ее середины. Чашка гелиографа вращается около вертикальной оси и закрепляется в нужном положении штифтом (3). В зависимости от продолжительности возможного солнечного сияния используется различное число лент. При коротком дне (не более 9 ч) чашка устанавливается с северной стороны шара, лента меняется только один раз в сутки – после захода солнца. При продолжительности дня от 9 до 18 часов ленту меняют два раза: после захода солнца и с 11 до 12 час по среднему солнечному времени.

Если солнце не закрыто облаками, его лучи, пройдя сквозь шар, собираются в фокусе и прожигают ленту. Полоса прожога идет вдоль средней линии ленты. При покрытии солнечного диска облаками прожог становится слабым или совсем прекращается. По суммарной длине прожога на ленте определяется продолжительность солнечного сияния в часах за сутки.

Закрепляют гелиограф на столбе. Чашке прибора придают наклон, соответствующий широте станции, которая отсчитывается на шкале (4) по индексу указателя (5), затем чашка закрепляется винтом (6). После этого гелиограф ориентируют так, чтобы в истинный полдень фокус пучка солнечных лучей на ленте совпадал с центральной линией чашки прибора.

#### **Лабораторная работа №4**

#### **Солнечная радиация. Радиационный баланс**

*Цель работы:* установить закономерности распределения на земном шаре радиационного баланса и его составляющих, провести анализ картографического материала.

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть I**

**Задание 1.** Проанализировать приходные и расходные составляющие радиационного баланса: отраженную радиацию, альбедо, эффективное излучение.

**Задание 2.** Начертить схему основных радиационных потоков и излучений в атмосфере у земной поверхности.

**Задание 3.** Записать формулу радиационного баланса. Проанализировать приходные и расходные составляющие радиационного баланса.

**Решить задачи:**

1. Определить эффективное излучение ( $E_{эф}$ ) поверхности поля ( $A = 15\%$ ), если радиационный баланс ( $B$ ) составляет  $420 \text{ Вт/м}^2$  и суммарная радиация ( $Q$ ) –  $840 \text{ Вт/м}^2$ .

2. Найти радиационный баланс ( $B$ ) травы, имеющей альбедо  $A = 20\%$ , если инсоляция ( $S$ ) составила  $546 \text{ Вт/м}^2$ , рассеянная радиация  $D = 140 \text{ Вт/м}^2$ , эффективное излучение  $E_{эф} = 105 \text{ Вт/м}^2$ .

3. Определить инсоляцию ( $S$ ) при: радиационном балансе ( $B$ )  $70 \text{ Вт/м}^2$ , рассеянной радиации ( $D$ ) –  $140 \text{ Вт/м}^2$ , отраженной радиации ( $R_k$ ) –  $105 \text{ Вт/м}^2$ , эффективном излучении  $E_{эф} = 35 \text{ Вт/м}^2$ .

**Часть II**

**Задание.** Рассмотреть карты радиационного баланса: за год, июнь, декабрь и ответить на вопросы:

1. Какие районы земного шара характеризуются наибольшей величиной радиационного баланса, назовите причины такого распределения?

2. Какие районы земного шара характеризуются наименьшей величиной радиационного баланса?

3. Где на земном шаре радиационный баланс положителен в течение всего года?

4. Как проявляется смена времен года в величине радиационного баланса на тропиках и полярных кругах?

**Часть III. ФАР**

В процессе фотосинтеза используется не весь спектр солнечной радиации, а только его часть, находящаяся в интервале длин волн  $0,38\text{--}0,71 \text{ мкм}$ . Она называется **фотосинтетически активной радиацией (ФАР)**. В процессе фотосинтеза на создание органического вещества может использоваться до  $10\%$  ФАР.

ФАР – один из важнейших факторов продуктивности сельскохозяйственных растений. Установлено, что для фотосинтеза необходима интенсивность солнечной радиации, превышающая определенное значение. Это значение, называемое компенсационной точкой, для многих растений находится в пределах  $20,9\text{--}34,9 \text{ Вт/м}^2$ .

Для определения прихода ФАР по данным прямой и рассеянной радиации Б.И. Гуляевым, Х.Г. Тоомингом и Н.А. Ефимовой предложено следующее уравнение:

$$Q_{\text{ФАР}} = 0,43 \sum s' + 0,57 \sum D,$$

где  $\sum s'$  – суммарный приход прямой радиации на горизонтальную поверхность ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ );  $\sum D$  – суммарный приход рассеянной радиации ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

## **Лабораторная работа №5**

### **Тепловой режим атмосферы**

*Цель работы:* изучить устройство и принцип действия метеорологических приборов для определения температуры. Закрепить навыки записи, обработки и анализа наблюдений за температурой воздуха и почвы. Изучить закономерности нагревания воздуха.

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть 1. Температура почвы и воздуха**

1. Изучить устройство и принципы действия метеорологических приборов для определения температуры.
2. Выполнить работу «Измерение температуры воздуха и почвы».
3. Провести анализ результатов наблюдений.

#### **I. Напочвенные термометры**

1. Сделать отсчет по срочному термометру, ввести в его показания инструментальную поправку из приложенного поверочного свидетельства.

2. Ознакомиться с методикой наблюдений по минимальному термометру. Для этого необходимо охладить его резервуар каким-либо способом (под струей воды). Проследить за движением штифта во время охлаждения. После охлаждения выждать, пока термометр вновь примет первоначальную температуру. Сделать отсчеты, записать их и ввести поправки.

3. Ознакомиться с методикой наблюдений по максимальному термометру. Для этого необходимо нагреть прибор рукой до 30–35 °С. Выждав 3–4 мин, сделать отсчет и записать; затем взять термометр за середину (резервуаром вниз), сильными движениями руки встряхнуть его несколько раз, пока показания не будут соответствовать показаниям срочного термометра. Сделать отсчет после встряхивания. Данные наблюдений записать в виде таблицы.

Таблица 6

## Записи показаний термометров

Наименование термометра	Показания	Отсчет, °С	Поправка, °С	Исправленная величина, °С
Срочный №		20,1	+0,1	20,2
Максимальный №	до встряхивания	35,7	-0,2	35,5
	после встряхивания	20,3	-0,2	20,1
Минимальный №	штифт	12,5	+0,3	12,8
	спирт	20,0	+0,1	20,1
Термометры Савинова	5 см			
	10 см			
	15 см			
	20 см			
Термометры аспирационного психрометра	сухой			
	смоченный			

**II. Термометры Савинова**

1. Ознакомиться с устройством коленчатых почвенных термометров Савинова и способом их установки. Уяснить назначение термоизоляционной набивки в нижней части термометрических трубок.

2. Произвести отсчеты и внести в них поправки.

**III. Термометры для определения температуры воздуха**

1. Ознакомиться с устройством термометров для измерения температуры воздуха (станционный термометр, термометр аспирационного психрометра, термометр-пращ).

2. Произвести отсчет по термометрам аспирационного психрометра, внести поправки. Полученные данные занести в таблицу.

3. Ознакомиться с устройством психрометрической будки и установкой приборов в ней.

**IV. Процессы нагревания почвы, водоемов**

1. Рассмотреть следующие вопросы:

а) тепловой баланс земной поверхности, его формирование, физический смысл;

б) суточный и годовой ход температуры почвы;

в) теплофизические характеристики почвы;

г) закономерности распределения тепла в почве;

д) влияние рельефа, растительного и снежного покрова на температуру почвы.

**Задание 1.** Построить, по данным, приведенным в таблице 7, и проанализировать кривые суточного хода температуры поверхности почвы. Показать возможные причины таких различий. Рассчитать среднесуточную температуру почвы и амплитуду температур.

Таблица 7

Дата	Время, ч.												Ср. t, °С	At, °С	
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			24
1 июля (пасмурно)	11	11	12	12	13	15	20	21	21	20	17	10	10		
16 июля (ясно)	11	10	9	16	24	35	38	40	36	28	21	13	10		

**Задание 2.** Построить по среднemesячным данным, приведенным в таблице 8, и проанализировать кривые изменения температуры поверхности почвы в теплый период, на разных поверхностях. Объяснить возможные причины таких различий.

Таблица 8

Поверхность	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Северный склон	5,5	16,0	22,3	23,7	20,0	12,2	4,9
Равнина	9,4	18,2	23,6	25,7	22,8	16,8	6,7
Южный склон	12,9	20,0	24,6	27,0	25,1	20,8	8,4

**Задание 3.** Рассчитать вертикальный градиент температуры (°С/см) для каждого слоя почвы (табл. 9), указать его изменения с глубиной и возможные причины различий градиентов температуры двух площадок.

Таблица 9

Поверхность	Глубина, см			
	0	20	40	60
Оголенная	24,6	21,6	20,0	19,4
Задернованная	20,5	18,0	16,6	16,0

**Задание 4.** Проанализировать ход термоизоплет почвы на рисунке 11.



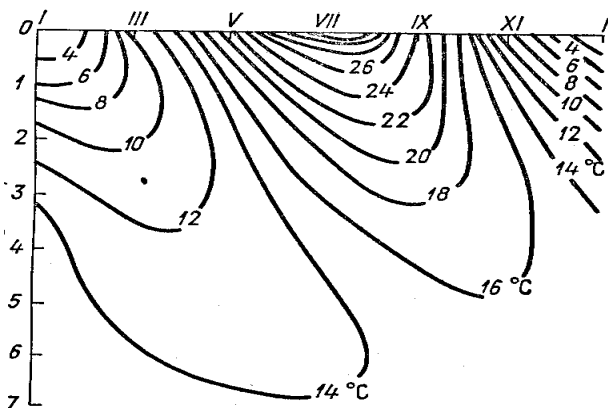


Рис. 11. Термоизоуплеты почвы (Сухова, 2009)

*Контрольные вопросы*

1. Почему в минимальных термометрах в качестве термометрической жидкости используют спирт?
2. Объяснить правила установки почвенных термометров Савинова.
3. В каком положении устанавливаются максимальные и минимальные термометры?
4. На какой почве более вероятен заморозок: разрыхленной или уплотненной, сухой или влажной?
5. Почему поверхности крупных водоемов днем (и летом) меньше нагреваются, а ночью (и зимой) меньше охлаждаются, чем суша?

***Часть 2. Процессы, приводящие к изменению температуры воздуха в атмосфере***

Объяснить процессы, протекающие в атмосфере и приводящие к изменению температуры воздуха (тепловая конвекция, фазовые переходы воды (конденсация, испарение), адиабатические процессы, адвекция).

***Часть 3. Анализ картографического материала по теме***

Рассмотрев карты распределения средней многолетней температуры воздуха на земном шаре в течение теплого и холодного сезонов года

- 1) выделить районы, где четко прослеживается зависимость температуры воздуха от угла падения солнечных лучей (широты);

- 2) определить районы, где нарушена зональность распределения температуры;
- 3) найти причины, которые приводят к нарушению зональности;
- 4) выделить районы с максимальной температурой воздуха летом (зимой), в течение года. Объяснить причины аномалии;
- 5) выделить районы с минимальной температурой воздуха летом (зимой), в течение года. Объяснить причины аномалии;
- 6) записать экстремальные величины температуры воздуха на земной шаре, в Северном полушарии, России, Алтайском крае;
- 7) на контурной карте отразить распределение средней годовой температуры воздуха на земном шаре. Нанести морские течения. Проанализировать полученную карту.

#### *Дополнительные материалы к занятию 5*

Для измерения температуры используются следующие типы термометров: жидкостные, деформационные и электрические.

**Жидкостные термометры.** В качестве термометрической жидкости применяют ртуть или спирт со следующими свойствами. Ртуть (Hg) – температура замерзания  $-38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура кипения  $+356,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Спирт этиловый – температура замерзания  $-117,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура кипения  $+78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В зависимости от устройства шкалы термометры делятся на два вида: со вставной шкалой и палочные. В палочных термометрах шкала наносится на внешней стороне толстостенного капилляра. Отсчеты по всем метеорологическим термометрам проводятся с точностью до  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Каждый термометр после изготовления сравнивается с термометром-эталоном. В результате поверки определяют инструментальные поправки, которые помещают в поверочных свидетельствах (сертификатах). В сертификатах указывается и поверочный порядковый номер, который проставляют также на самом приборе.

Для измерения температуры поверхности почвы применяют срочный, максимальный и минимальный термометры.

**Термометры для измерения температуры почвы. Срочный напочвенный термометр** – ртутный. Наблюдения сводятся к отсчету показаний в срочные часы. **Максимальный термометр** служит для измерения наивысшей температуры за время между срочными наблюдениями. Термометр ртутный с пределами шкалы от  $-36$  до  $+51\text{ }^{\circ}\text{C}$  или от  $-21$  до  $+71\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В дно резервуара максимального термометра впаян стеклянный конический стержень, ко-

торый узким верхним концом входит в капилляр. Поэтому в начале капилляра образуется сужение, препятствующее свободному передвижению ртути из капилляра в резервуар. Когда температура повышается, ртуть под действием теплового расширения проталкивается через сужение из резервуара в капилляр. При понижении температуры ртуть из капилляра обратно не проходит, так как силы сцепления между частицами ртути не в состоянии преодолеть силы трения в суженной части термометра, и в этом месте происходит разрыв ртути. Оставшийся в капилляре столбик ртути будет указывать максимальную температуру за определенный промежуток времени. Для того чтобы ртуть ушла обратно в резервуар, термометр встряхивают несколько раз сильными движениями руки. Максимальный термометр устанавливают в горизонтальном положении. Во время наблюдений термометр слегка поднимают за конец, удаленный от резервуара, чтобы ртуть в капилляре подошла к сужению, и делают отсчет. Сделав отсчет, термометр встряхивают, пока столбик ртути не займет положение, соответствующее температуре по срочному термометру. Этим самым подготавливают термометр к следующему наблюдению.

**Минимальный термометр** служит для измерения самой низкой температуры между сроками наблюдений. В капилляре минимального термометра внутри спирта помещен небольшой тонкий стеклянный штифтик фиолетового цвета с утолщенными тупыми концами. При вертикальном положении (резервуаром вверх) штифтик свободно перемещается внутри спирта до пленки поверхностного натяжения. В горизонтальном положении штифт движется в обратную сторону, к резервуару, под давлением этой пленки. Такое происходит только при понижении температуры. Если же температура начнет повышаться, то мениск отойдет от штифта в сторону более высоких температур, а штифтик останется на уровне минимальной температуры. Во время наблюдений, не трогая руками термометр, отсчитывают минимальную температуру по концу штифта, удаленному от резервуара, и срочную температуру по положению мениска спирта. После отсчета термометр переворачивают резервуаром вверх и ждут, пока штифтик дойдет до мениска спирта. **Встряхивать термометр при этом нельзя во избежание порчи!** Затем термометр вновь устанавливают в горизонтальном положении с небольшим наклоном в сторону резервуара, после чего он подготовлен к следующему наблюдению.

**Почвенные термометры Савинова** (рис. 12) служат для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см. Термометры – ртутные. Резервуар с остальной частью термометра составляет угол  $135^\circ$ . От резервуара до начала шкалы термометр имеет термоизоляцию из золы и ваты, которая необходима для того, чтобы температура вышележащих слоев почвы не влияла на показания термометра. Для установки термометров сначала выкапывают узкую и неглубокую траншею в направлении с востока на запад. Землю вынимают пластами. Северную стенку траншеи делают отвесной. После того как траншея готова, в отвесную стенку на нужной глубине горизонтально вдавливают резервуары термометров. Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов земли с постепенной трамбовкой. Наблюдения по термометрам Савинова производятся только в теплое время года. При наступлении заморозков термометры убирают. Отсчеты по термометрам производятся последовательно, начиная с термометра, установленного на глубине 5 см.

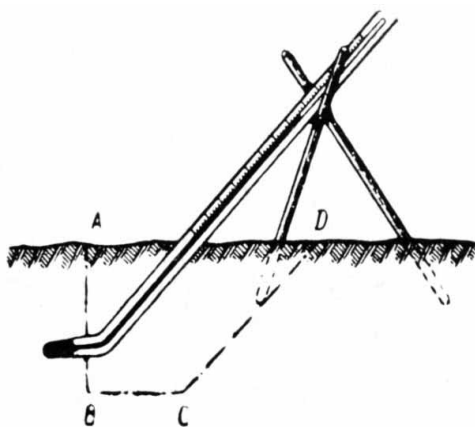


Рис. 12. Установка термометра Савинова

**Вытяжные термометры** используют для измерения температуры на больших глубинах (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 и 3,2 м). Термометр заключен в металлическую или пластмассовую оправу с прорезом для шкалы. В нижней части оправы имеется небольшое отверстие, через которое резервуар термометра засыпают медными

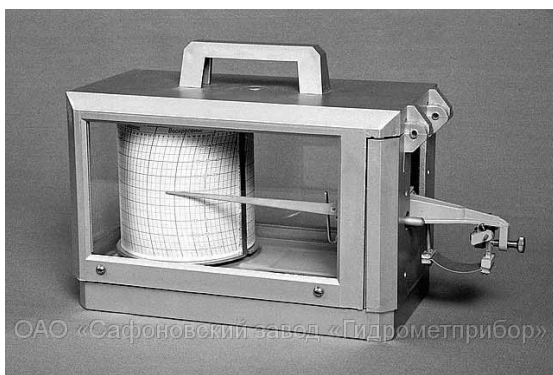
опилками, после чего отверстие заливают парафином. Этим добиваются увеличения тепловой инерции термометра, необходимой для сохранения температуры при производстве отсчетов, а также для создания непрерывной, хорошо проводящей среды между резервуаром термометра и почвой. Оправа вместе с термометром прикрепляется к деревянной палке, в противоположном конце палки привинчен колпачок с кольцом. Эбонитовая трубка с металлической гильзой на конце плотно вставляется на нужную глубину при помощи специального бура; после этого в нее осторожно опускают термометр. Колпачок на верхнем конце палки служит крышкой, предохраняющей от попадания атмосферных осадков и грязи внутрь трубки.

Вытяжные термометры устанавливают обычно на открытом месте с естественным почвенным покровом (летом – трава, зимой – снег). Термометры располагают в один ряд с востока на запад. Верхние концы трубок должны выступать над поверхностью земли на высоту, превышающую среднюю высоту снежного покрова в данном пункте. Для сохранения естественного покрова около термометров с северной стороны делается специальный откидной помост, с которого и производятся отсчеты. Во время наблюдений термометр осторожно вынимают из эбонитовой трубки за кольцо и отсчитывают температуру. После наблюдений термометр опускают в трубу.

**Термометры для измерения температуры воздуха.** На метеостанциях  $t$  воздуха измеряют по сухому термометру стационарного психрометра, установленного в психрометрической будке. Для измерения температуры воздуха в полевых условиях применяют сухой термометр аспирационного психрометра и термометр-пращ. **Термометр аспирационного психрометра** от психрометрического стационарного отличается меньшими размерами и формой резервуара. Этот термометр является частью аспирационного психрометра, применяющегося для измерения температуры и влажности воздуха в полевых условиях. **Термометр-пращ** представляет собой толстостенную трубку с узким капилляром и резервуаром, выдутым из этой же трубки. Шкала нанесена на передней внешней стороне. Для удобства и быстроты отсчета противоположная стенка термометра покрыта молочным стеклом. На верхнем конце термометра имеется шарик, к которому привязывают шнур. При измерениях термометр вращают за шнур в горизонтальной плоскости на

высоте вытянутой руки. Для того чтобы термометр принял температуру воздуха, рекомендуется вращать его 2–3 мин. Затем шнур наматывают на указательный палец и быстро делают отсчет. Для измерения максимальной и минимальной температуры воздуха применяются такие же термометры, как и для определения максимальной и минимальной температуры поверхности почвы. Устанавливаются термометры в психрометрической будке на штативе.

**Термограф М-16А.** Предназначен для одновременного измерения и регистрации на диаграммном бланке температуры воздуха в наземных условиях. Прибор состоит из чувствительного элемента (биметаллической пластинки), передаточной системы, регистрирующей части и корпуса.



Принцип действия прибора основан на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба с изменением температуры воздуха. Деформация пластинки с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером по диаграммной ленте, закрепленной на барабане часового механизма. Вращение барабана осуществляется часовым механизмом. Прибор имеет приспособление, с помощью которого на диаграммной ленте пером стрелки можно делать отметки времени записи, не открывая корпуса прибора. Начальная установка пера стрелки на требуемое деление диаграммной ленты осуществляется вращением установочного винта, с помощью которого перо стрелки может перемещаться по всей высоте барабана часового механизма. В зависимости от продолжительности одного оборота барабана часового механизма термографы изготавливаются двух типов: суточные М-16АС и

недельные М-16АН. Абсолютная погрешность регистрации температуры, °С –  $\pm 1$ .

### **Характеристики температурного режима территории**

При оценке температурного режима территории или отдельного места для целей сельского хозяйства, медицины, промышленного и гражданского строительства применяют характеристики, дающие наиболее полное представление об общем количестве тепла за год или за отдельные периоды (вегетационный период, сезон, месяц и т. д.), а также о годовом и суточном ходе температуры воздуха. Основные из этих характеристик следующие.

**Средние температуры.** Средняя суточная температура есть арифметическое среднее из показаний температуры во все сроки наблюдений. Суммируя результаты этих измерений и разделив сумму на 8, получают среднюю суточную температуру воздуха.

Средняя месячная температура – среднее арифметическое из средних суточных температур за все дни месяца.

Средняя годовая температура – среднее арифметическое из средних суточных (или средних месячных) температур за весь год.

Средние месячные и средние декадные температуры используют для характеристики температурных условий отдельных периодов.

**Экстремумы температуры, амплитуда.** Эти характеристики существенно дополняют сведения о средних температурах. Например, зная **минимальную температуру** в отдельные месяцы, можно судить об условиях перезимовки озимых культур и плодовых деревьев, о сроках окончания заморозков весной и начала их осенью. Данные о **максимальной температуре** зимой показывают частоту оттепелей, их интенсивность, а летом характеризуют число дней, когда растения и животные угнетены жарой, дают представление о возможности повреждения зерна в период налива и т.д. **Амплитуда суточного и годового хода температуры характеризует степень континентальности климата.** Амплитуда суточного хода температуры приземного слоя атмосферы является важным показателем термического режима сельскохозяйственных полей.

**Суммы температур.** В агрометеорологии суммы температур получили широкое применение как показатель, характеризующий в условных единицах количество тепла в данной местности за определенный период. Для сельскохозяйственной оценки термических ресурсов климата Г.Т. Селяниновым были впервые использованы суммы температур выше 10 °С – **активные температуры.** Они

*служат показателем обеспеченности теплом периода активной вегетации сельскохозяйственных культур.* Способ расчета их повторяемости и обеспеченности в различных климатических зонах разработан Ф.Ф. Давитая.

Для выражения потребности растений в тепле применяются также *суммы эффективных температур – суммы средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при котором развиваются растения данной культуры* (сорта, гибрида). Например, при подсчете сумм эффективных температур выше 5 °С – от средней суточной температуры за каждый день отнимается 5 °С и остатки суммируются. Эффективные температуры для различных растений неодинаковы. Они характеризуют суммарную потребность в тепле различных сортов и гибридов, отличающихся по скороспелости.

Таблица 10

Расчет сумм активных и эффективных температур воздуха, °С

Хар-ка	10.05	11.05	12.05	13.05	14.05	15.05	16.05	17.05	18.05	Σt
Средняя суточная t	12,0	10,5	8,6	4,9	7,6	12,0	15,1	18,2	16,0	106,9
Σt≥10°С	12,0	10,5	0,0	0,0	0,0	12,0	15,1	18,2	16,0	83,8
Σtэфф≥5°С	7,0	5,5	3,6	0,0	2,6	7,0	10,1	13,2	11,0	60,0
Σtэфф≥10°С	2,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0	5,1	8,2	6,0	23,8

## Лабораторное занятие №6

### Вода в атмосфере. Влажность воздуха

*Цель работы:* изучить устройство и принцип действия психрометра и гигрометра, освоить измерения и обработку результатов наблюдения; психрометрический метод определения влажности воздуха; установить особенности процессов испарения и конденсации влаги в атмосфере.

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть 1. Основные характеристики влажности воздуха и методы их измерения**

1. Назвать основные гигрометрические величины
2. Описать основные приборы, используемые для определения влажности воздуха.
3. Изучить стационарный и аспирационный психрометры и гигрометр. Произвести наблюдения и обработать полученные результаты.
4. Найти характеристики влажности, используя Психрометрические таблицы.



*Практическое задание. Наблюдения по аспирационному психрометру. Принадлежности:* аспирационный психрометр, дистиллированная вода, пипетка для смачивания, штатив для крепления психрометра, барометр, Психрометрические таблицы.

*Порядок выполнения задания*

1. Укрепить психрометр в штативе и провести наблюдения в следующем порядке. Набрать в резиновую грушу воду, надеть на нее зажим, подогнать воду в пипетке до указанной метки на стекле. Затем ввести пипетку в трубочку, где находится резервуар термометра, обвязанного батистом. Выждав 3–5 с, для того чтобы батист пропитался водой, открыть зажим и тем самым опустить воду в грушу. Завести ключом вентилятор и заметить по часам время. Через 4 мин после смачивания и завода сделать отсчеты. При наблюдениях, как и по стационарному психрометру, сначала быстро отсчитывают и записывают десятые доли градусов и только после этого целые градусы.

2. Снять отсчет по барометру. Найти в сертификатах термометров инструментальные (шкаловые) поправки и ввести их к показаниям термометров. Ввести поправки к отсчету по барометру.

3. По психрометрическим таблицам определить характеристики влажности воздуха. Для этого находят колонку, соответствующую исправленному значению температуры воздуха  $t$  (показания **сухого термометра**), и в горизонтальной строке по значению  $t'$  (исправленное значение **смоченного** термометра) находят значения: точки росы  $t_d$ , упругости водяного пара  $e$ , относительной влажности  $f$  и дефицита влажности  $d$ .

Таблица 11

Запись показаний при определении характеристик влажности (пример)

№отсчета	Атмосферное давление	Психрометр						Характеристики влажности			
		сухой термометр			смоченный термометр			td	e	f	d
		Отсчет	Поправка	Исправленная величина	Отсчет	Поправка	Исправленная величина				
1.	1000	24,5	0,1	24,6	15,3	0,1	15,4	7,0	10,0	32	20,9

### *Контрольные вопросы*

1. Где и как устанавливается психрометр на метеорологической станции?
2. От чего зависит разность показаний сухого и смоченного термометров?
3. При какой температуре наблюдения по психрометру не производятся и почему?
4. Могут ли отсчеты температуры по сухому и смоченному термометрам быть одинаковыми и в каком случае?

### ***Часть II. Испарение и испаряемость***

1. Проанализировать карты испарения и испаряемости (Географический атлас, 1982).
2. Указать основные закономерности в распространении годовых величин испарения и испаряемости, а также на каких широтах испарение и испаряемость почти равны и где разница между этими показателями достигает наибольших значений.

### *Дополнительные материалы к занятию 6*

Содержание водяного пара в воздухе оценивается с помощью характеристик влажности воздуха или **гигрометрических величин**.

**Влажность воздуха** – это содержание водяного пара в воздухе. В нижних слоях атмосферы всегда содержится водяной пар. Как и всякий газ, он обладает упругостью (давлением). Предельным значением упругости водяного пара, находящегося в воздухе, является **упругость насыщенного пара**, называемая **упругостью насыщения**. Влажность воздуха количественно выражается следующими характеристиками.

**Упругость пара** ( $e$ ) – парциальное давление водяного пара, находящегося в воздухе при данной температуре. Выражается в гПа, до 1980 г. выражалось в мм рт. ст. или мбар.

**Абсолютная влажность** ( $a$ ) – количество водяного пара в граммах на  $1 \text{ м}^3$  воздуха.

**Относительная влажность** ( $f$ ) – отношение упругости пара  $e$  к упругости насыщения  $E$  при данной температуре, выраженное в процентах.

Относительная влажность является важнейшей характеристикой, применяемой для оценки благоприятности условий произрастания сельскохозяйственных культур в засушливых районах. При одной и той же упругости пара относительная влажность воз-

духа может быть различной. Например, при упругости пара 12,0 гПа и температуре 10 °С относительная влажность составляет 98%, а при той же упругости пара, но температуре 30 °С – лишь 28%. Следовательно, при неизменной упругости пара с понижением температуры относительная влажность увеличивается, а с повышением температуры уменьшается.

**Дефицит упругости**, или недостаток насыщения ( $d$ ) – разность между упругостью насыщения  $E$  при данной температуре и фактической упругостью пара  $e$ :

$$d = E - e.$$

Дефицит упругости, как и сама упругость, в системе СИ выражается в гПа. При увеличении относительной влажности дефицит упругости уменьшается и при  $f = 100\%$  становится равным нулю. Следует отметить, что  $E$  зависит от температуры воздуха, а  $e$  – от содержания в нем водяного пара. Поэтому дефицит упругости является комплексной характеристикой, выражающей условия температуры и влажности-воздуха. Это позволяет шире, чем другие характеристики влажности, использовать дефицит упругости для оценки условий произрастания сельскохозяйственных культур.

**Точка росы  $t_d$**  – температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным.

Для измерения влажности воздуха применяются различные методы: абсолютный (весовой), психрометрический, определение влажности с помощью волосного гигрометра.

#### **Психрометрический метод определения влажности**

Определение влажности воздуха осуществляется по показаниям психрометра – прибора, состоящего из двух термометров. Приемная часть (резервуар) одного из термометров обернута батистом, находящимся в увлажненном состоянии (смоченный термометр). С поверхности его резервуара происходит испарение, на которое затрачивается тепло. Этот термометр показывает температуру, зависящую от интенсивности испарения воды с поверхности резервуара. Чем больше дефицит влажности, тем интенсивнее будет происходить испарение и, следовательно, тем ниже будут показания смоченного термометра. Другой термометр психрометра (сухой) показывает температуру воздуха. Для измерения влажности воздуха используется два типа психрометров: стационарный и аспирационный.

**Стационарный психрометр.** Стационарный психрометр состоит из двух одинаковых термометров, установленных вертикаль-

но на штативе в психрометрической будке. Резервуар правого термометра плотно обертывается в один слой кусочком батиста, конец которого опускается в стаканчик с водой. Стаканчик закрывается крышкой с прорезью для батиста. Наблюдения по психрометру проводятся при положительных температурах воздуха и отрицательной до  $-10^{\circ}\text{C}$ . При температуре воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$  кончик батиста на смоченном термометре обрезается. Батист смачивают за 30 мин до начала наблюдений. При отрицательной температуре вода на батисте может быть не только в твердом состоянии (лед), но и в жидком (переохлажденная вода). Чтобы определить состояние воды, необходимо прикоснуться к батисту карандашом и следить за показанием термометра. Если в момент прикосновения столбик ртути повысится, то на батисте была вода, которая перешла в лед; при этом выделилась скрытая теплота, за счет чего и увеличилось показание термометра. Если же от прикосновения к батисту показание термометра не меняется, значит, на батисте был лед, и изменения агрегатного состояния не происходит. Вычисление характеристик влажности воздуха по показаниям психрометра осуществляется с помощью психрометрических таблиц.

**Аспирационный психрометр (Ассмана).** Принцип действия такой же, как и стационарного. Преимуществом данного психрометра (рис. 13) является постоянная скорость движения воздуха у приемной части термометров ( $2\text{ м/с}$ ) под воздействием искусственной вентиляции. Два термометра (1 и 2) помещены в металлической оправе. Оправа состоит из трубки (3), раздваивающейся книзу, и боковых защит (4). Верхний конец трубки (3) соединен с аспиратором (7), просасывающим наружный воздух через трубки (5 и 6), в которых находятся резервуары термометров. Аспиратор имеет пружинный механизм, пружина заводится ключом. Аспирационные психрометры используются для градиентных наблюдений на станциях, а также в полевых микроклиматических исследованиях. Перед наблюдением психрометр выносят из помещения зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до срока наблюдений.

После смачивания заводят аспиратор, который в момент отсчета должен работать полным ходом. Поэтому зимой за 4 мин до отсчета нужно вторично завести психрометр. В тех случаях, когда наблюдения проводятся при сильном ветре и прибор находится в вертикальном положении, скорость аспирации нарушается. Поэтому при скоростях ветра  $> 4\text{ м/сек}$  на аспиратор с наветренной сто-

роны надевают ветровую защиту (12). Характеристики влажности воздуха по данным аспирационного психрометра вычисляют с помощью тех же психрометрических таблиц. Для приведения показаний упругости водяного пара к табличным условиям кроме поправки, зависящей от давления, вводится поправка на скорость аспирации. Она имеет знак «+» при любой величине атмосферного давления. В психрометрических таблицах суммарная поправка (на давление и скорость аспирации) вводится непосредственно к упругости водяного пара. Она определяется по разности температур сухого и смоченного термометров и величине атмосферного давления.

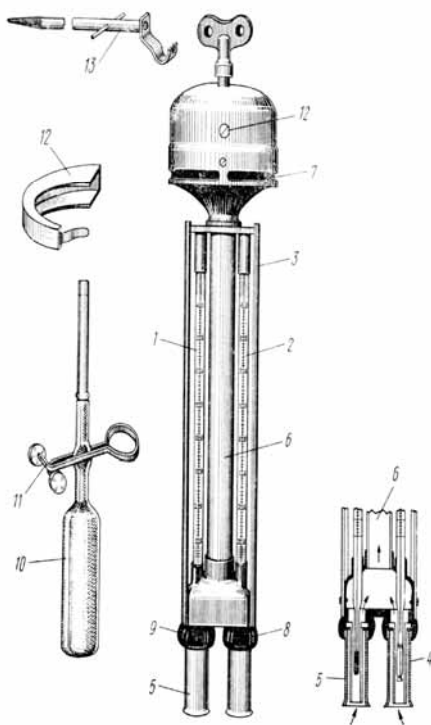


Рис. 13. Аспирационный психрометр

### Гигрометры

Основной частью волосного гигрометра (рис. 14) является обезжиренный человеческий волос, обладающий свойством изме-

нять свою длину под влиянием изменения влажности. При уменьшении относительной влажности волос (1), укрепленный на раме (7), укорачивается, при увеличении – удлиняется. Верхний конец волоса прикреплен к регулировочному винту (10), с помощью которого можно менять положение стрелки (5) на шкале (6) гигрометра. Нижний конец волоса соединен с блоком в виде дужки, сидящей на стержне. Грузик этого блока служит для натяжения волоса. На оси блока укреплена стрелка, свободный конец которой при изменении влажности перемещается по шкале. Цена деления шкалы гигрометра – 1% относительной влажности. Деления на шкале неравномерны: при небольших значениях влажности они крупнее, при больших – мельче, поскольку изменение длины волоса идет быстрее при малых величинах и медленнее при больших ее значениях.

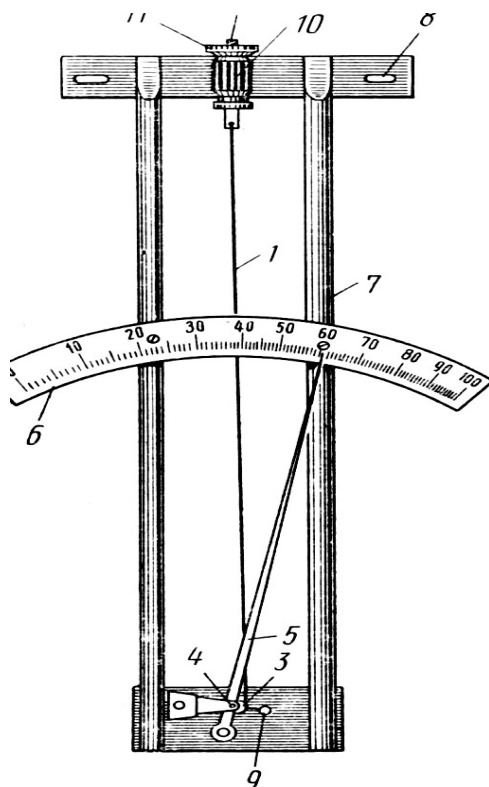


Рис. 14. Волосной гигрометр

Гигрометр рассчитан на работу при температурах окружающего воздуха от  $-50$  до  $+55$  °С. Прибор устанавливают в той же психрометрической будке, где помещается стационарный психрометр, закрепляя на штативе между сухим и смоченным термометрами.

При продолжительном действии гигрометры становятся менее чувствительными к изменению влажности: волос вытягивается и загрязняется, поэтому приходится часто сверять прибор с психрометром и находить поправки. Для этого применяется графический прием. На координатную сетку наносят точки одновременных наблюдений относительной влажности по психрометру и гигрометру за длительный период (например, за осенние месяцы). Через середину полосы, где точки легли более густо, проводят плавную линию так, чтобы по обе стороны от нее было по возможности одинаковое количество точек (рис. 15). В дальнейшем, пользуясь этой линией, для любого показания гигрометра можно найти соответствующее значение относительной влажности по психрометру.

Например, если отсчет по гигрометру был 75%, то исправленное значение относительной влажности будет 73%.

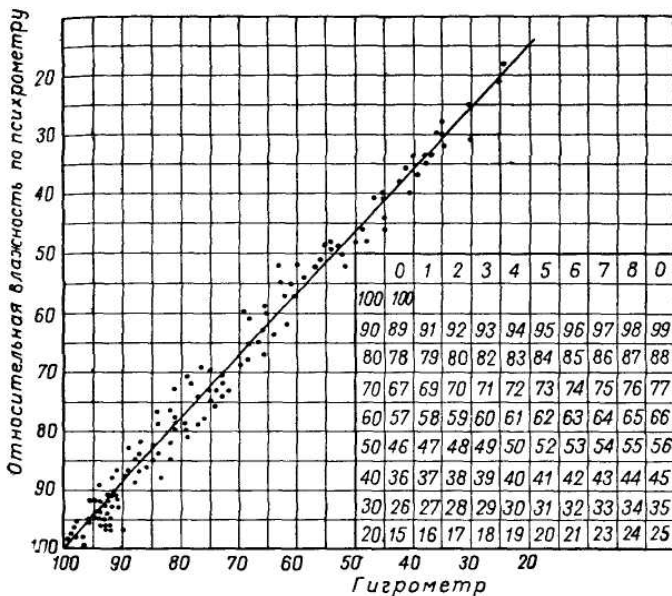
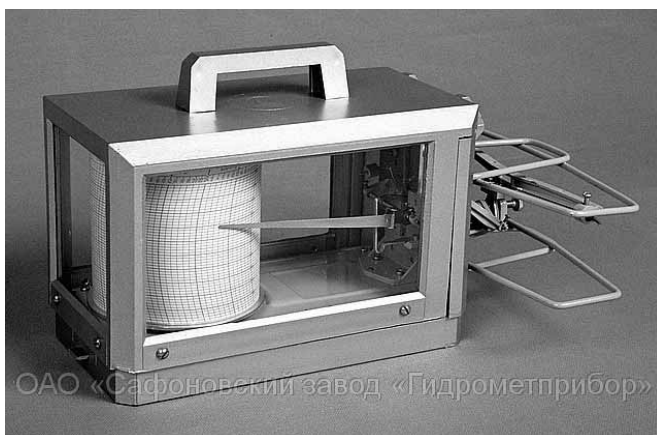


Рис. 15. График поправок гигрометра

Для более удобного пользования графиком составляют переводную таблицу. В первом вертикальном столбце (десятки) и в первой горизонтальной строке (единицы) дается шкала гигрометра. В клетки выписываются значения относительной влажности, снятые с кривой. Пользуясь таблицей, по показаниям гигрометра находят исправленные значения относительной влажности. Регулировка гигрометра (установка стрелки на соответствующее деление шкалы) должна быть проведена до составления графика поправок.

**Гигрограф.** Предназначен для одновременного измерения и регистрации на диаграммном бланке относительной влажности воздуха.



**Лабораторное занятие №7**  
**Вода в атмосфере. Облачность. Осадки.**  
**Снежный покров**

*Цель:* изучить классификацию облаков, закрепить навыки определения форм облаков и производства наблюдений над облачностью; выявить закономерности распределения осадков по земному шару.

*Порядок выполнения работы*

**Часть 1. Облачность. Классификация облаков**

1. Проанализировать причины возникновения облаков. Какие атмосферные процессы приводят к образованию облаков (см. рис. 16)?



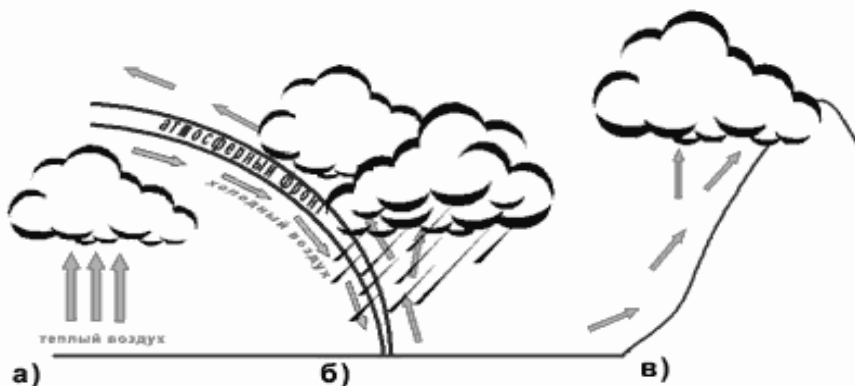


Рис. 16. Различные виды конвекции:  
 а) термическая конвекция; б) вынужденная конвекция;  
 в) орографическое восхождение

2. Рассмотреть фотографии из Атласа облаков, соответствующие определенным формам облачности. Привести морфологическую классификацию облаков. Сдать зачет на знание форм облачности.

3. Выписать формы облаков, дающие осадки. Указать вид осадков, характерный для каждой из этих форм (ливневые, обложные, морозящие).

4. Подготовить ответы на вопросы:

- При каких облаках наблюдается гало?
- Какие облака являются признаком ухудшения погоды?
- Какие облака являются признаком установления хорошей погоды?
- В чем заключается различие между мощными кучевыми и кучево-дождевыми облаками?

Наблюдения за облачностью состоят в определении количества облаков, их форм и высоты над уровнем станции. В метеорологии принята **морфологическая (по внешнему виду) международная классификация облаков**, включающая десять родов, которые в свою очередь подразделяются на ряд видов и разновидностей.

Таблица 12

## Международная классификация облаков

Ярус (высота нижнего основания)	Форма	Осадки
Облака верхнего яруса (6–9 км)	1. Перистые <b>Cirrus, Ci</b> (цирус)	Мелкие ледяные кристаллы («алмазная пыль»)
	2. Перисто-кучевые <b>Cirrocumulus, Cc</b> (цирокумулюс)	
	3. Перисто-слоистые <b>Cirrostratus, Cs</b> (цирростратус)	Осадки не достигают земли
Облака среднего яруса (2–6 км)	1. Высококучевые <b>Alto cumulus, Ac</b> (альтокумулюс)	Осадки изредка в виде отдельных капель дождя или снежинок
	2. Высочислоистые <b>Altostratus, As</b> (альгостратус)	Осадки часто
Облака нижнего яруса (до 2 км)	1. Слоисто-кучевые <b>Strato cumulus, Sc</b> (стратокумулюс)	Слабые кратковременные осадки
	2. Слоистые <b>Stratus, St</b> (стратус)	Иногда морось или мелкий снег
	3. Слоисто-дождевые <b>Nimbostratus, Ns</b> (нимбостратус)	Обложной дождь или снег, иногда с перерывами
Облака вертикального развития	1. Кучевые <b>Cumulus, Cu</b> (кумулюс) а) плоские б) средние в) мощные	
	2. Кучево-дождевые <b>Cumulonimbus, Cb</b> (кумулонимбус) а) лысые б) волосатые	Осадки ливневого характера

### **Определение количества облаков**

Определение количества облаков, т.е. степени покрытия неба облаками, производится визуально по десятибалльной шкале. Необходимо оценить, сколько десятых долей небесного свода занято облаками, считая просветы между облаками как небо, свободное от облаков. Очень небольшие просветы во внимание не принимаются. Балл «0» ставится при отсутствии облаков, а также в том случае, когда облаками покрыто менее 0,5 балла. Если облака закрывают 0,1 небосвода, количество облаков равно 1, 0,2–2 баллам и т.д. При полном покрытии неба облаками ставится 10 баллов. При наличии просветов в облачном покрове, составляющих 0,5 балла или меньше, цифра 10 заключается в квадрат. При наблюдениях сначала оценивается общее количество облаков, а затем отдельно дается оценка количеству облаков нижнего яруса, включая облака вертикального развития. Запись производится в виде дроби: в числителе указывается общая, в знаменателе – нижняя облачность. Если количество облаков незначительно, но имеются отдельные облака, не составляющие 0,5 балла, то в графе «количество облаков» ставится 0/0, а в графе «форма» указывается соответствующий род и вид облаков, и слово «следы» (сл.), например, 0/0 Ci (сл.).

### **Определение и запись форм облаков**

Формы облаков определяются с помощью Атласа облаков и обозначаются названиями по принятой классификации. При заполнении графы «форма облаков» сначала указываются облака, занимающие большую часть неба; затем переходят к следующим, в порядке убывания их видимого количества. Форма облаков отмечается в том случае, когда они по количеству составляют не менее 0,5 балла. При отсутствии облаков нижнего яруса в строке для записи форм облаков среднего яруса указывается количество этих облаков.

### **Определение высоты облаков**

Под высотой облаков подразумевается высота их нижней границы над уровнем станции. Определение высоты нижней границы производится для облаков нижнего и среднего ярусов, если они расположены не выше 2500 м над уровнем станции. Для определения высоты нижней границы облаков применяется **импульсный измеритель высоты облаков (ИВО)**. При отсутствии ИВО она определяется с помощью шара-пилота, а в темное время – с помощью потолочного прожектора. Если инструментальным методом определить высоту облаков невозможно, тогда высота нижней границы оценивается визуально.

## ***Часть 2. Осадки. Распределение осадков по земному шару***

1. Привести классификацию осадков по форме (морось, дождь, снег, снежные хлопья, мокрый снег, крупа – снежная, ледяная, град).

2. Привести генетическую классификацию осадков, т.е. в зависимости от физических условий образования (обложные, ливневые, морось или ледяные кристаллы).

3. Рассмотреть карты распределения осадков из Географического Атласа (1982). Выявить и описать особенности распределения осадков на земном шаре.

4. Рассмотреть карты сезонности выпадения осадков. Выделить районы максимальных осадков в январе (июле), минимальных осадков. Объяснить причины.

5. Назвать экстремальные показатели осадков по земному шару, России.

6. Соотнести количество осадков с испаряемостью. Объяснить данные понятия и выявленные соотношения.

7. Назвать разнообразные индексы увлажнения. Объяснить их сущность.

8. Дать характеристику наземным гидрометеорам (роса, иней, изморозь, гололед).

## ***Часть 3. Снежный покров. Измерение высоты и плотности снежного покрова***

Изучить особенности организации и осуществления снегомерных работ на метеостанциях и постах. Ответить на вопросы:

1. Какие требования предъявляются к выбору участков для наблюдений за высотой и плотностью снежного покрова?

2. Как вычисляют плотность снежного покрова по весовому снегомеру?

3. Каким образом можно подсчитать запас воды в снежном покрове?

4. Провести анализ карты распространения снежного покрова на территории России. В каких пределах изменяется высота снежного покрова, продолжительность его залегания на территории России?

5. Охарактеризовать метеорологические явления, связанные с формированием снежного покрова.

### *Дополнительные материалы к занятию 7*

**Осадки и другие атмосферные явления.** Атмосферные осадки разделяются на две основные группы: 1) осадки, выпадаю-

щие из облаков (дождь, снег, град, крупа, морось и др.); 2) осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах в результате непосредственной конденсации или сублимации водяного пара из воздуха (роса, иней, изморозь, гололед). На метеорологических станциях измеряют количество выпавших осадков первой группы и регистрируют начало, конец и интенсивность всех видов осадков (как первой, так и второй группы), отмечая их в книжке наблюдений КМ-1 с помощью особых значков.

**Измерение осадков, выпадающих из облаков.** Количество осадков выражают **толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при отсутствии стока и просачивания в почву.**

Измерение осадков производится с помощью **осадкомера Третьякова**. Приемным сосудом прибора служит цилиндрическое ведро с приемной поверхностью 200 см<sup>2</sup>, которое устанавливается на столбе так, чтобы дно находилось на высоте 2 м от поверхности земли. Необходимой частью осадкомера является также конусообразная защита, применяемая для уменьшения завихрений, образующихся в воздушном потоке у ведра и препятствующих попаданию туда осадков (особенно твердых). Защита уменьшает также и выдувание снега из осадкомера. В труднодоступных местностях устанавливают суммарные осадкомеры, накапливающие осадки за длительный промежуток времени (сезон, год). Для регистрации количества и продолжительности жидких осадков на некоторых метеорологических станциях, кроме осадкомеров, устанавливают также самопишущие дождемеры – плювиографы.

### **Осадкомер Третьякова**

В комплект осадкомера (рис. 17) входят планочная защита, таган для установки ведра на столбе, два приемных ведра (осадко-сборных сосуда), одна крышка к ним, измерительный стакан. Для предотвращения выдувания и испарения осадков в нижней половине ведра (1) впаяна конусовидная диафрагма (2), отверстие которой в летнее время закрывается воронкой (3). Для слива осадков из ведра под диафрагмой служит отверстие с носком (4) и колпачком. Ведро устанавливается в таган, прочно прикрепленный к столбу. При смене ведер в срочные часы наблюдений ведро закрывают крышкой. Защита осадкомера Третьякова состоит из 16 изогнутых трапециевидных планок, скрепленных своими верхними и нижни-

ми основаниями на специальных кольцах. Однако применение защиты не полностью исключает влияние ветра, искажающего действительное количество осадков (особенно твердых) при попадании их в осадкомерное ведро. При измерении ведро закрывают крышкой, снятой с принесенного второго ведра, вынимают его из тагана и ставят второе ведро в таган. Ведро с осадками уносят в помещение станции, где скопившуюся в сосуде воду через сливное отверстие (носок) выливают в измерительный стакан. Если осадки выпали в твердом виде, их измеряют лишь после того, как они растаяли. Измерительный (градуированный) стакан осадкомера имеет 100 делений. Количество осадков, измеренное в делениях стакана, следует выразить в миллиметрах слоя воды, для чего нужно разделить его на 10. Если количество осадков превышает емкость измерительного стакана, их измеряют в несколько приемов. Число делений записывают после каждого измерения. К каждому измеренному количеству осадков прибавляется поправка на смачивание осадкомерного сосуда. По окончании всех измерений вычисляется и записывается общая сумма осадков. Твердые осадки, не успевшие растаять к моменту подачи телеграммы, измеряются приблизительно путем взвешивания на весах. Из массы сосуда с осадками вычитают массу пустого сосуда. Полученную разность в граммах следует разделить на 20, чтобы получить количество осадков в миллиметрах.

Измерение осадков производится 2 раза в сутки для получения количества за дневную («день») и ночную («ночь») половины суток в сроки, ближайšie к 8 и 20 ч поясного декретного (зимнего) времени.

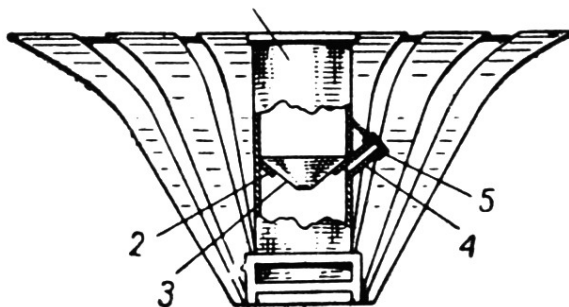


Рис. 17. Схема осадкомера Третьякова

**Суммарный осадкомер** – предназначен для сбора и последующего измерения количества осадков, выпавших в течение длительного промежутка времени в любое время года в ненаселенных, труднодоступных районах. Действие прибора основано на сборе осадков, попавших в резервуар через приемный цилиндр. Осадкомер состоит из приемного цилиндра, пластиночной защиты, резервуара (осадкосборника) и основания. Для предохранения осадков от испарения в резервуар на месте установки осадкомера наливается минеральное масло. Количество жидких осадков определяют с помощью мензурки, а твердых – при помощи весов.

**Плювиограф** – служит для непрерывной регистрации количества, продолжительности и интенсивности выпадающих жидких осадков. Он состоит из приемника и регистрирующей части, заключенной в металлический шкаф высотой 1,3 м (рис. 18).

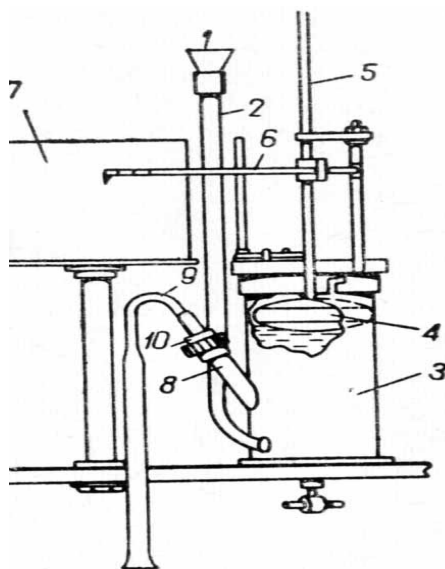


Рис. 18. Внутреннее устройство плювиографа

Приемный сосуд сечением  $500 \text{ см}^2$ , находящийся в верхней части шкафа, имеет конусообразное дно с несколькими отверстиями для стока воды. Осадки через воронку (1) и сливную трубку (2)

попадают в цилиндрическую камеру (3), в которой помещен полый металлический поплавок (4). На верхней части вертикального стержня (5), соединенного с поплавком, укреплена стрелка (6) с насаженным на ее конце пером. Для регистрации осадков рядом с поплавковой камерой на стержне устанавливается барабан (7) с суточным оборотом. На барабан надевается лента, разграфленная таким образом, что промежутки между вертикальными линиями соответствуют 10 мин времени, а между горизонтальными – 0,1 мм осадков. Сбоку поплавковой камеры имеется отверстие с трубкой (8), в которую вставляется стеклянный сифон (9) с металлическим наконечником, плотно соединенным с трубкой специальной муфтой (10).

При выпадении осадков вода через сливные отверстия, воронку и сливную трубку попадает в поплавковую камеру и поднимает поплавок. Вместе с поплавком поднимается и стержень со стрелкой. При этом перо чертит на ленте кривую (так как одновременно происходит вращение барабана), крутизна которой тем больше, чем больше интенсивность осадков. Когда сумма осадков достигнет 10 мм, уровень воды в сифонной трубке и поплавковой камере становится одинаковым и происходит самопроизвольный слив воды из камеры через сифон в ведро, стоящее на дне шкафа. При этом перо должно прочертить на ленте прямую вертикальную линию сверху вниз до нулевой отметки ленты. При отсутствии осадков перо чертит горизонтальную линию.

По плувиограмме (графику на ленте) можно установить начало и конец, количество, продолжительность осадков. Плувиограф устанавливается на одной площадке с осадкомером на подставке так, чтобы верхний край прибора находился на высоте 2 м от поверхности земли. Осенью, с прекращением выпадения жидких осадков, из плувиографа вынимают барабан и поплавковую камеру, а приемную часть закрывают крышкой.

### **Осадки, образующиеся на поверхности земли и предметах**

Атмосферные явления, наблюдаемые в нижней части тропосферы и у земной поверхности, оцениваются на метеорологических станциях визуально, при этом регистрируют начало и конец явления, а также его интенсивность. В книжке КМ-1 осадки и другие атмосферные явления записывают при помощи условных обозначений.



## Условные знаки наиболее характерных атмосферных явлений

Символ	Название	Символ	Название
●	Дождь	△ ●	Ледяной дождь
● ▽	Ливневый дождь	▲	Град
,;	Морось	↔	Ледяные иглы
✱	Снег	⤿	Роса
✱ ▽	Ливневый снег	┌┐	Иней
● ✱	Мокрый снег	∇	Зернистая изморозь
● ✱ ▽	Ливневый мокрый снег	—	Туман
✱ △	Снежная крупа	⇄	Ледяной туман
△	Снежные зерна	≡	Просвечивающий туман
△	Ледяная крупа	≡	Поземный туман
↑	Метель низовая	≡	Дымка
↕	Общая метель	▽	Шквал
( )	Радуга	☼	Вихрь
⊕	Гало	\$	Пыльный поземок

Интенсивность атмосферных явлений определяют визуально и обозначают следующим образом. При явлениях слабой силы ставится показатель <sup>0</sup>, при явлениях большой интенсивности – показатель <sup>2</sup>. Отсутствие показателя около знака атмосферного явления соответствует средней интенсивности. Например: (<sup>0</sup> – слабый дождь, ( – дождь средней силы, (<sup>2</sup> – сильный дождь. Пример записи в книжке КМ-1:

$\nabla 9^{07} - 9^{55}, \quad \bullet^0 9^{50} - 10^{54}, \quad \triangle^{\circ} 10^{55} - 11^{15}$

**Снежный покров.** Характеристиками снежного покрова являются его *высота и плотность*, по которым рассчитывают запас воды в снежном покрове. Наблюдения за снежным покровом на метеорологических станциях состоят в определении наличия снежного покрова, степени покрытия им окрестностей станции, измерениях его высоты и плотности. Кроме того, наблюдают за характером залегания снежного покрова и его структурой, наличием и толщиной ледяной корки, состоянием почвы под снегом.

**Наличие снежного покрова**, степень покрытия и характер залегания определяются ежедневно в утренний срок наблюдений путем осмотра видимой окрестности станции с одного и того же наиболее возвышенного места вблизи метеорологической площадки по десятибалльной шкале. При этом записывается число десятых долей поверхности, покрытой снегом. Так, если снегом покрыта вся видимая окрестность, то в книжке записывается 10; если снегом покрыто около 0,3 видимой окрестности, то записывается 3 и т.д. Если наблюдаются лишь небольшие пятна, покрывающие менее 0,1 поверхности, то ставится 0. **Характер залегания снежного покрова** в окрестностях станции определяется визуально по следующим признакам: равномерный (без сугробов), умеренно равномерный (небольшие сугробы), очень неравномерный (большие сугробы), снег лежит только местами. **Высота снежного покрова** измеряется ежедневно в утренний срок наблюдений по трем постоянным снегомерным рейкам, установленным с осени на метеорологической площадке.

Кроме наблюдений в постоянных точках проводятся **декадные снегомерные съемки** по заранее намеченному маршруту длиной 1 или 2 км. Для этой цели осенью выбирают типичный для данной местности участок, проходящий через характерные формы рельефа (овраги, балки, холмы и т.д.). При снегомерных съемках по

маршруту высоту снежного покрова измеряют переносной снегомерной рейкой через каждые 10 (в лесу) или 20 (на поле) м, а плотность снега – с помощью весового снегомера через 100 или 200 м.

### **Снегомерные рейки**

**Постоянная снегомерная рейка** представляет собой деревянный брусочек длиной около 2 м, размеченный и раскрашенный на сантиметровые деления. Осенью при установке рейки вбивают в землю деревянный заостренный снизу брусочек длиной 30–40 см с запиленной ступенькой, которая должна находиться на уровне земной поверхности. На эту ступеньку устанавливают рейку, плотно прикрепив ее к бруску. При ежедневных наблюдениях в утренние часы берется отсчет по рейке с точностью до 1 см. При этом отсчитывать надо всегда с одного и того же места, подходя к рейке не ближе, чем на 2–3 м.

**Переносная снегомерная рейка** – это деревянный прямоугольный брусочек длиной 180 см, снабженный металлическим накопником. На одной стороне бруска нанесены сантиметровые деления. Высоту снежного покрова при помощи переносной рейки определяют, погружая ее вертикально в снег. При этом следует быть уверенным, что рейка дошла до поверхности почвы.

**Весовой снегомер.** Определение плотности снежного покрова с помощью весового снегомера состоит в измерении высоты снежного покрова и веса взятой пробы; затем по полученным данным вычисляется плотность. Весовой снегомер (плотномер) состоит из полого металлического цилиндра (1) высотой 60 см, площадью сечения  $50 \text{ см}^2$  и весов типа безмена. Нижний конец цилиндра заточен в виде пилы, на его верхнем конце имеется съемная крышка.

Весы снегомера состоят из металлической линейки (2), градуированной через 5 г, крючка (3), на который подвешивается цилиндр с крышкой, и приспособления (4), с помощью которого весы с цилиндром удерживаются в подвешенном состоянии. Для уравновешивания весов служит груз (5), который может скользить по линейке весов. Груз имеет вырез и метку для отсчета делений по шкале весов. При установке подвижного груза на нулевое деление линейки пустой цилиндр, подвешенный на крючок, должен уравновешивать весы. За полчаса до наблюдений снегомер выносят из помещения, чтобы он принял температуру окружающего воздуха (иначе при работе снег будет прилипать к стенкам цилиндра). Да-

лее собирают весы и проверяют их равновесие с подвешенным цилиндром с крышкой. Если при равновесии груза черта не совмещается с нулевым делением шкалы, ее новое положение принимают за нулевое. Затем цилиндр погружают в снег заточенным краем до соприкосновения с поверхностью почвы и отсчитывают высоту снежного покрова по шкале, нанесенной на внешней стороне цилиндра. После этого лопаткой, входящей в комплект снегомера, очищают снег с одного бока снегомера, а затем аккуратно подсовывают лопатку под цилиндр таким образом, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, остался внутри него. Не отнимая лопатки, вынимают цилиндр и переворачивают его крышкой вниз. Очистив цилиндр от прилипшего снаружи снега, подвешивают снегомер за дужку на крючке весов; затем, став спиной к ветру и держа весы за кольцо в руке, уравнивают цилиндр со снегом при помощи передвижного груза и записывают деление линейки, против которого установилась риска грузика. При обнаружении под снежным покровом ледяной корки пробивают ее до земли и определяют толщину в мм.

Плотность снега вычисляется следующим образом. Пусть высота взятой пробы равна  $h$  см, а число делений весов  $n$ . Объем взятого снега  $v = 50 h \text{ см}^3$ , где 50 – площадь сечения цилиндра в  $\text{см}^2$ ; масса снега  $m = 5n$ , где 5 – цена деления весов в граммах. Тогда плотность снега

$$d = \frac{m}{v} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \text{ г/см}^3.$$

При определении плотности снега делают три измерения на одном месте и плотность вычисляют как среднее из них. В тех случаях, когда снежный покров больше 60 см, весь столб урезают по частям в несколько приемов, при этом для вычисления плотности берут сумму всех  $h$  и всех  $n$ . На основании полученных данных можно получить высоту слоя воды, который образовался бы при полном таянии снежного покрова. Вес воды взятой пробы равен  $5n$ ; в то же время  $5n$  есть объем воды (так как плотность воды равна единице). Следовательно, если объем разделить на площадь и умножить на 10, можно получить высоту слоя воды (в мм):

$$h_{\text{воды}} = \frac{5n10}{50} = n.$$

Таким образом, **число делений, отсчитанных по весам снегомера, как раз равно количеству воды в миллиметрах слоя.**

**Наземные продукты конденсации – наземные гидрометеоры** – образуются на земной поверхности и наземных предметах.

**Роса** – мелкие капли воды, образующиеся на поверхности почвы, на камнях, на листьях растений при температуре выше 0 °С. Роса образуется вследствие радиационного охлаждения деятельного слоя в ясные тихие ночи, когда этот слой и прилегающий к нему воздух охлаждаются ниже точки росы и сконденсировавшаяся вода начинает оседать в виде капелек. Роса исчезает вскоре после восхода Солнца вследствие испарения.

**Иней** – мелкие кристаллы льда, покрывающие поверхность земли и наземных предметов; образуется как и роса, но в тех случаях, когда температура точки росы ниже 0 °С и земная поверхность охлаждена ниже 0 °С. Следует подчеркнуть, что иней образуется не вследствие замерзания капель росы, а непосредственно из водяного пара. Пар сразу переходит в твердое состояние – лед, минуя жидкую фазу – воду (что называется сублимацией).

**Изморозь** – рыхлый слой снеговидной массы, нарастающий на ветвях, проводах и т.п. (зернистая изморозь), или пушистый слой кристалликов льда, нарастающий путем сублимации (кристаллическая изморозь).

**Гололед** – слой льда, образующегося на земной поверхности, деревьях и других наземных предметах вследствие намерзания переохлажденных капель дождя или тумана при их соприкосновении с поверхностью или предметами, охлажденными ниже 0 °С. Для наблюдения за образованием гололеда и изморози на метеорологических станциях используется **гололедно-изморозевый станок**, позволяющий определять количество льда, образовавшегося за определенный промежуток времени.

Продуктами конденсации водяного пара непосредственно у земной поверхности являются также различные виды **тумана**. Основные типы туманов – **радиационные**, образующиеся при большом эффективном излучении и сильном охлаждении подстилающей поверхности в ясные тихие ночи, и **адвективные**, возникающие при движении теплых воздушных масс над охлажденной поверхностью. При наблюдениях отмечают следующие основные виды туманов: **сплошной туман; туман при просвечивающем небе; поземный туман, ледяной туман; дымка** – разреженный туман при видимости больше 1 км, но меньше 10 км.

## Лабораторное занятие №8

### Барическое поле и ветер

Цель: изучение барических систем и условий образования ветра.

Порядок выполнения работы

#### Часть 1. Барические системы

Задание 1. Определить типы барических систем (рис. 19а) и объяснить барическую ситуацию (рис. 19б).

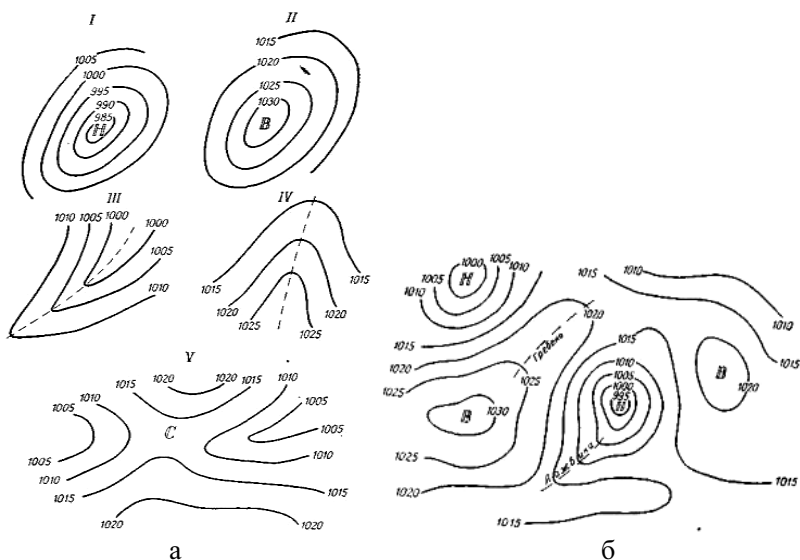


Рис. 19. а – типы барических систем (Хромов, Петросянц, 2004);  
б – изобары на уровне моря (в мб)

#### Часть 2. Ветер

1. Рассмотреть причины образования ветра.
2. Назвать основные характеристики ветра.
3. Рассмотреть и изучить приборы для определения скорости и направления ветра.
4. Измерение скорости ветра с помощью анемометра в соответствии с методическими указаниями.

Задание 2. Измерение скорости ветра с помощью анемометра.

Принадлежности: чашечный анемометр, секундомер.

1. Установить анемометр на шесте таким образом, чтобы приемная часть прибора (крестовина с полушариями) находилась на высоте 1,5 м.

2. Снять начальный отсчет, включить прибор, счетный механизм и секундомер на 5 мин, затем выключить их и отсчитать конечный результат.

3. Провести вторую серию наблюдений аналогично первой.

4. По полученным данным вычислить разность конечного и начального отсчетов, число делений в секунду и скорость ветра в м/с, пользуясь переводной таблицей, помещенной в паспорте анемометра (табл. 13).

Таблица 13

Пример записи отсчетов по чашечному анемометру (№...)

№ серии наблюдений	Время наблюдений	Отсчеты		Разность	Число с	Число делений/1 с	Скорость м/с
		начальный	конечный				
1	12 ч 30 мин	2160	3120	960	120	8	8

*Контрольные вопросы*

1. Как устанавливается анемометр?
2. Какую скорость ветра можно измерить с помощью анемометра – мгновенную или осредненную?

**Часть 3. Построение розы ветров**

**Задание 3.** Построить розы ветров по данным, приведенным в таблице 14.

Таблица 14

Повторяемость направлений ветров на метеостанциях (ГМС) Республики Алтай

ГМС	Повторяемость направлений за год (%)							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Яйлю	18	19	25	10	3	4	6	25
Чемал	7	5	17	24	16	3	10	18
Онгудай	7	3	9	9	6	10	32	24
Кара-Тюрек	3	3	6	2	20	45	14	7
Ак-Кем	36	1	1	3	34	15	3	7
Кош-Агач	6	13	24	9	5	9	21	13

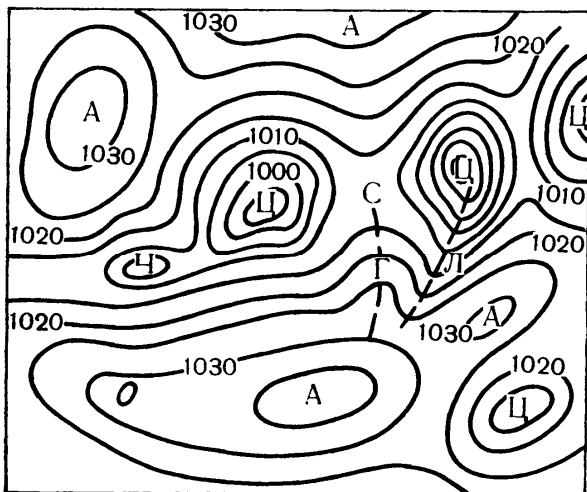
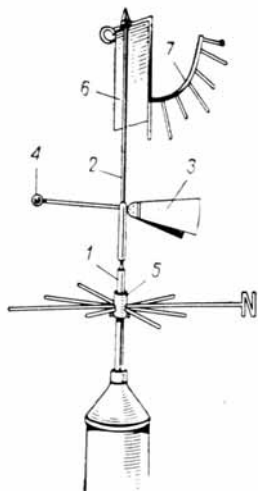


Рис. 20. Барические системы: Ц – центр циклона; Л – ложбина; А – центр антициклона; Г – гребень; О – отрог; С – седловина (изобары на уровне моря)

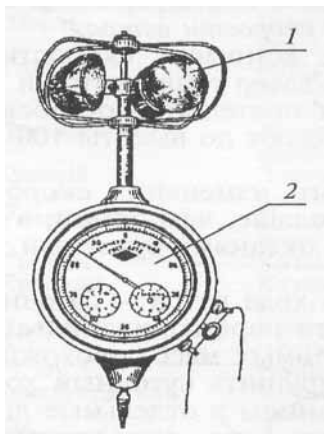


Флюгер



Анеморумбометр М-63М-1





Анемометр ручной  
чашечный МС-13



Анемометр ручной  
электронный АРЭ

### **Лабораторное занятие №9**

#### **Атмосферная циркуляция. ЦДА. Воздушные массы**

*Цель работы:* изучить особенности общей циркуляции атмосферы, распределение воздушных масс на земном шаре, их свойства и влияние, а также особенности формирования и проявления местных ветров

*Порядок выполнения работы*

#### **Часть 1. Общая циркуляция атмосферы**

1. Начертить схему общей циркуляции атмосферы и объяснить формирование преобладающих поясов давления и направлений ветров.

2. Дать определение центра действия атмосферы.

3. Нанести на контурную карту мира все ЦДА для различных сезонов (январь, июль), преобладающие направления ветров по сезонам, теплые и холодные океанические течения. Проанализировать полученные карты-схемы.

4. Какие ЦДА оказывают воздействие на климат России зимой (летом)?

5. Дать определения «пассата» и «муссона». Объяснить причину их образования. Выявить на земном шаре зоны их влияния.

6. Начертить схемы ветров в циклоне и антициклон.

## Часть 2. Воздушные массы

1. Дать определение воздушных масс (ВМ). Указать типы ВМ, участвующих в атмосферной циркуляции. На какие подтипы делятся воздушные массы?

2. Дать определения трансформации ВМ и очага формирования ВМ.

3. Нанести на контурную карту мира границы между различными типами воздушных масс.

Показать районы распределения зональных типов воздушных масс

4. Какие воздушные массы способствуют похолоданию или потеплению в умеренных широтах?

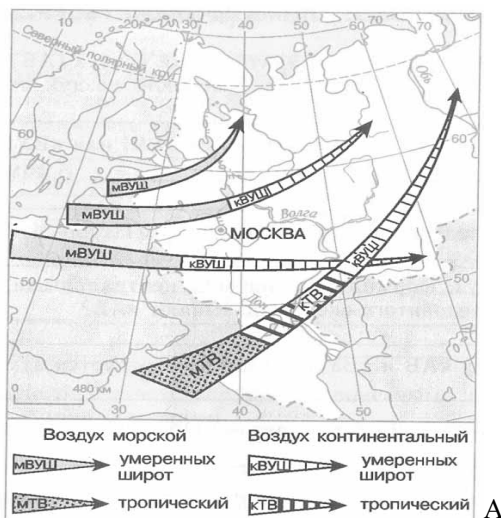
5. Выявить ВМ, преобладающие на территории России в течение всего года.

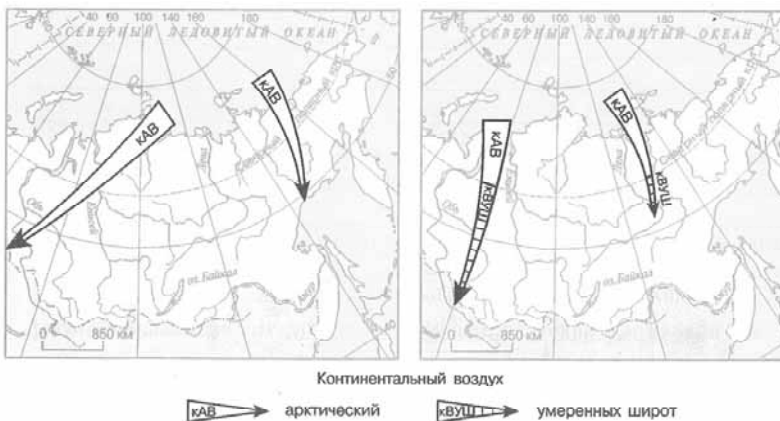
6. Перемещаясь над поверхностью Земли, воздушные массы постепенно изменяют свои свойства – трансформируются. По рисунку 21 проследите, в какой воздух трансформируется при прохождении над территорией России:

мТВ \_\_\_\_\_;

мВУШ \_\_\_\_\_.

7. На каком из рисунков (рис. 21) – А или Б – показана зима?





Б

Рис. 21

8. Отметить на контурной карте (карта с барическими областями и основными направлениями ветров) положение главных климатологических фронтов в январе и июле:

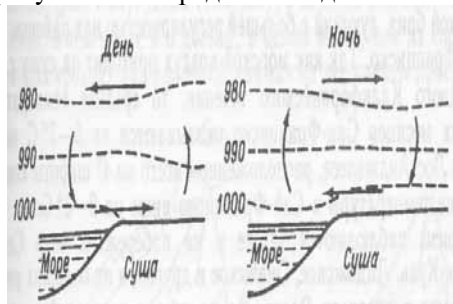
- арктического фронта – черной линией;
- полярного фронта – зеленой линией;
- внутритропической зоны конвергенции (ВТЗК) – зоны сходимости пассатов – красной линией.

В январе положение фронтов показать сплошными линиями, а в июле – пунктирными линиями тех же цветов.

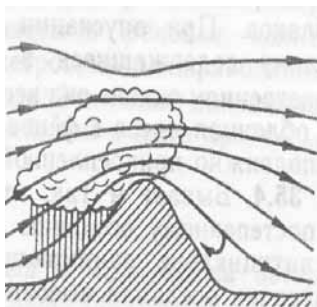
### **Часть 3. Местные циркуляции**

Подготовить ответы на следующие вопросы:

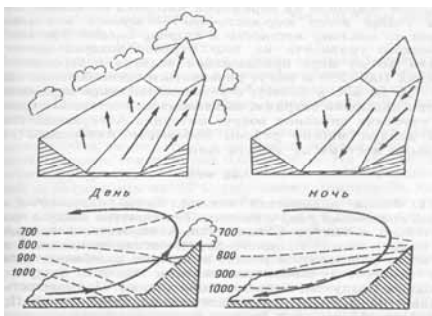
1. Перечислить местные ветры, раскрыть условия их формирования.
2. По рисункам 22 определить виды местных ветров.



А



Б



В

Рис. 22

Дополнительные материалы к занятию 9

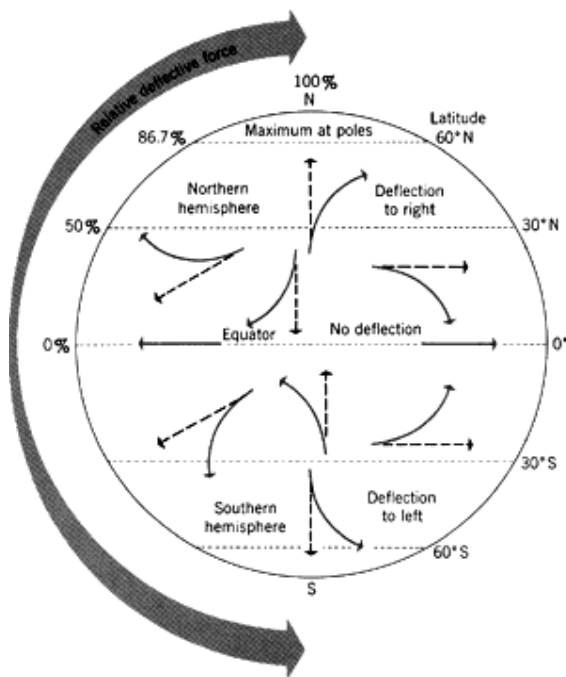


Рис. 23. Схема общей циркуляции атмосферы

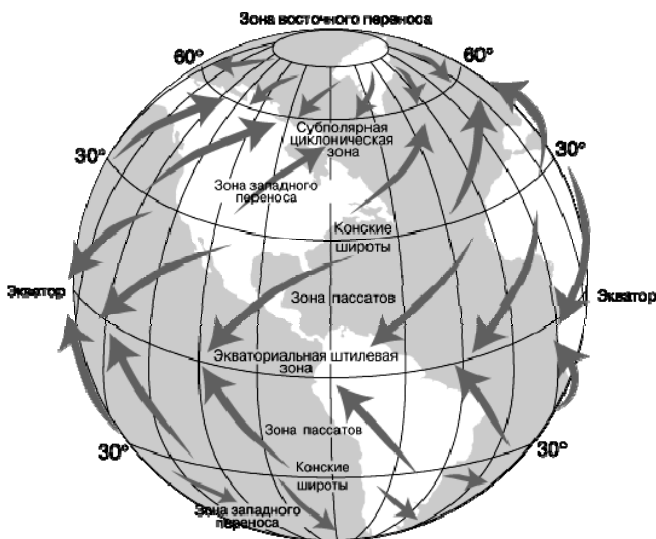


Рис. 24. Основные пояса ветров

## Лабораторное занятие №10

### Циклоны и антициклоны. Атмосферные фронты

*Цель работы:* закрепить полученные знания по формированию, стадиям развития и соответствующей погоде в циклонах и антициклонах умеренных широт; изучить строение и условия формирования фронтов в циклоне; изменения основных метеорологических величин при прохождении теплого и холодного фронтов.

#### *Порядок выполнения работы*

1. Изучить стадии формирования циклонов и антициклонов. Выявить сходство и различия.

2. Разобрать условия для образования циклонов (циклогенеза).

3. Разобрать условия для формирования антициклонов (антициклогенеза).

4. Сдать преподавателю зачет по волновой теории циклонов (стадии развития, сопровождая ответ рисунками-схемами).

5. Ответить на вопросы:

1) Почему перед теплым фронтом появляются сначала облака верхнего яруса?

2) С какими фронтами связаны более обширные облачные системы?

- 3) Как меняется направление ветра при прохождении ХФ?
- 4) Опишите изменения облачности, связанные с ТФ?
- 5) Почему с Zп зимой связаны потепления?
- 6) Почему с Zп зимой связаны похолодания?
- 7) Осадки, связанные с ТФ и ХФ?
- 8) Какие скорости ветра отмечаются в Az?

**Часть 1. Теплый и холодный фронты в циклоне**

1. Рассмотреть схему теплого (холодного) фронта. Дать характеристику системе облаков теплого (холодного) фронта.
2. Пользуясь метеорологическим кодом, рассказать об изменении основных метеорологических величин при прохождении ХФ или ТФ.
3. Для проверки полученных выводов, воспользуйтесь предложенным описанием изменения облачности и метеорологических величин при прохождении ТФ.
4. Разобрать предложенный преподавателем фрагмент синоптической карты. Провести соответствующую обработку.
5. Дать анализ синоптической обстановки, наблюдаемой и прогнозируемой погоды.

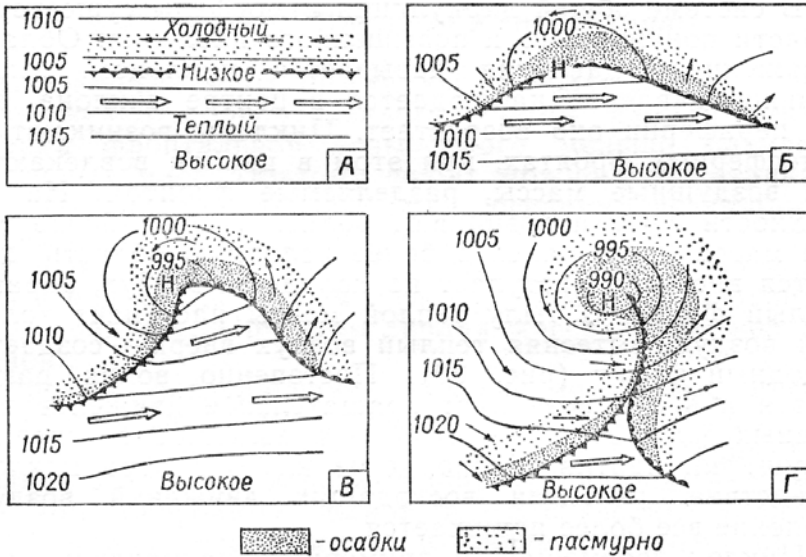


Рис. 24. Схема развития циклона (Зверев, 1977)

*Дополнительные материалы к занятию 10*

**Циклоны и антициклоны** – крупные атмосферные вихри (во внетропических широтах). Вихревая форма циркуляции в циклонах и антициклонах определяется полем давления. В циклонах атмосферное давление наиболее низкое в центре, а к периферии растет. В антициклонах, наоборот, в центре давление наибольшее, а к периферии уменьшается. Течение воздуха в первом случае направлено против часовой стрелки от периферии к центру, а во втором — по часовой стрелке (в северном полушарии) от центра к периферии (рис. 25).

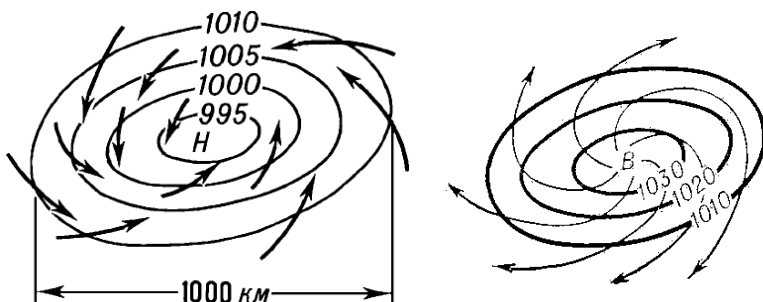


Рис. 25. Направления ветров в циклонах (слева) и антициклонах (справа)

В соответствии с характером циркуляции воздух, втекающий у поверхности земли в систему циклона, поднимается вверх и в средней и верхней тропосфере растекается. В результате подъема воздух в развивающихся циклонах охлаждается; водяной пар конденсируется, образуются облака и выпадают осадки. Поэтому для циклонов характерна пасмурная с осадками погода (рис. 26). В системе антициклона воздух у поверхности земли растекается от центра к периферии. Одновременно на высотах идет приток воздуха от периферии к центру. Нисходящие движения воздуха в развивающихся антициклонах приводят к адиабатическому нагреванию его. В результате водяной пар удаляется от состояния насыщения, и облака рассеиваются. Поэтому в антициклонах преобладает ясная или малооблачная погода.

На картах погоды теплый фронт проводят красным, холодный – синим, окклюзии – проводят коричневым карандашом.

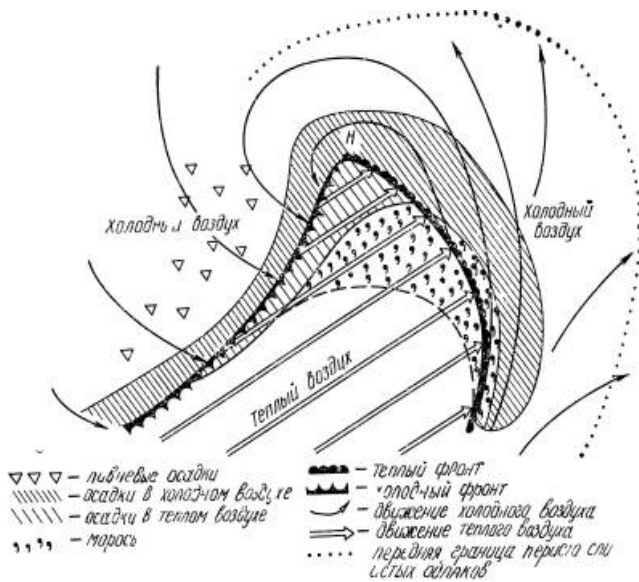
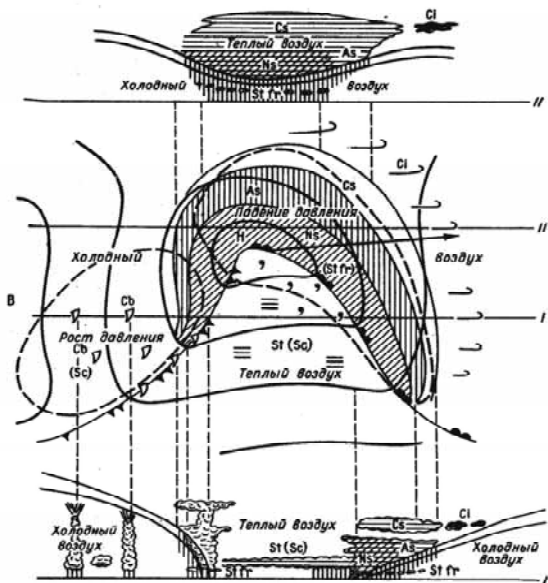
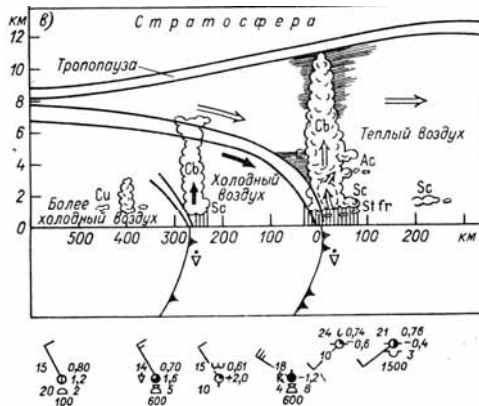
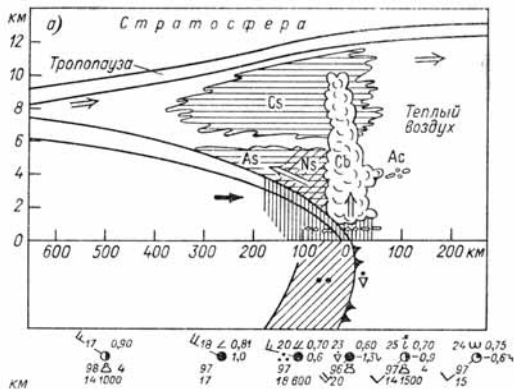
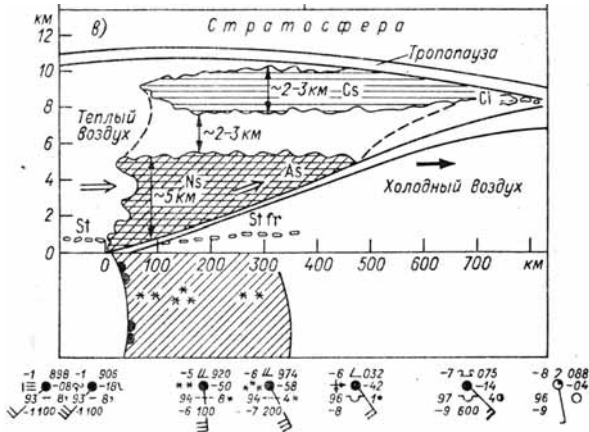


Рис. 26. Схема молодого циклона (Зверев, 1977)





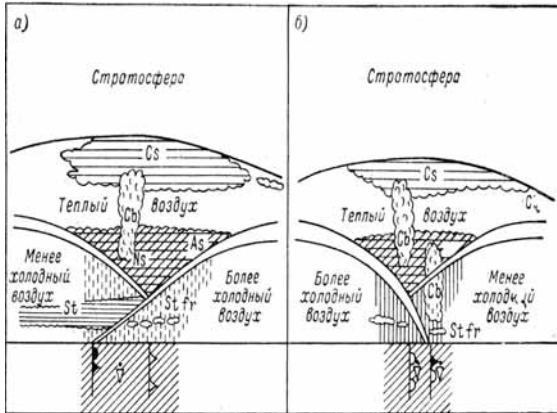


Рис. 27. Схемы атмосферных фронтов в циклонах (Зверев, 1977)

Для того чтобы иметь наглядное представление о синоптическом положении и составить прогноз погоды на день, используют синоптические карты погоды (рис. 28).

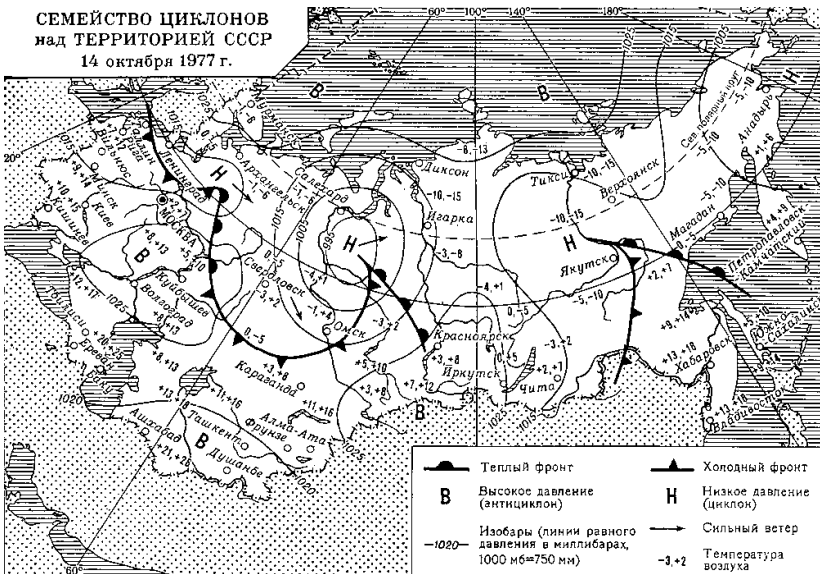


Рис. 28. Синоптическая карта 14.10.1977  
(<http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/>)

Метеорологические станции регулярно наблюдают за метеорологическими величинами и атмосферными явлениями. Результаты наблюдений зашифровывают специальными кодами и телеграфируют в метеорологические центры, где телеграммы раскодируют и наносят на бланки географических (синоптических) карт. Сведения о погоде в пункте наблюдения, сообщаемые в телеграмме, наносятся на приземную карту с помощью **метеорологического кода** (рис. 29).



Рис. 29. Схема нанесения метеоданных на синоптическую карту

## Лабораторное занятие №11 Климаты Земли

*Цель работы:* познакомится с классификациями климатов.

*Порядок выполнения работы*

1. Рассмотреть схему классификации Б. Алисова. Дать характеристику климата России согласно классификации Алисова.
2. Разобрать схему классификации В. Кеппена. Какие типы климата в России выделяются согласно классификации Кеппена?
3. В чем сходство и в чем различия двух классификаций?
4. Определите типы климата Западной Сибири и Алтайского края согласно классификациям Алисова и Кеппена.

*Контрольные вопросы*

1. Определить климат Сахары.
2. Рассмотреть территорию России и определить типы климата?

3. Чем отличается климат пустынь Монголии ( Гоби, Такла-Макан ) от климата Сахары ?

4. Какие климаты самые распространенные?

*Дополнительные материалы к занятию 11*

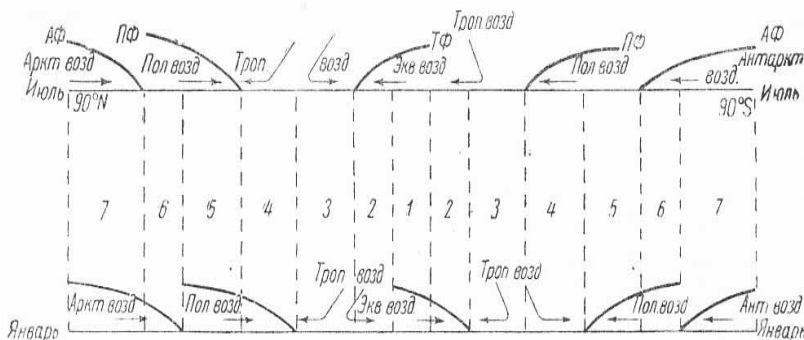


Рис. 30. Схема расположения климатических поясов согласно классификации Б. Алисова

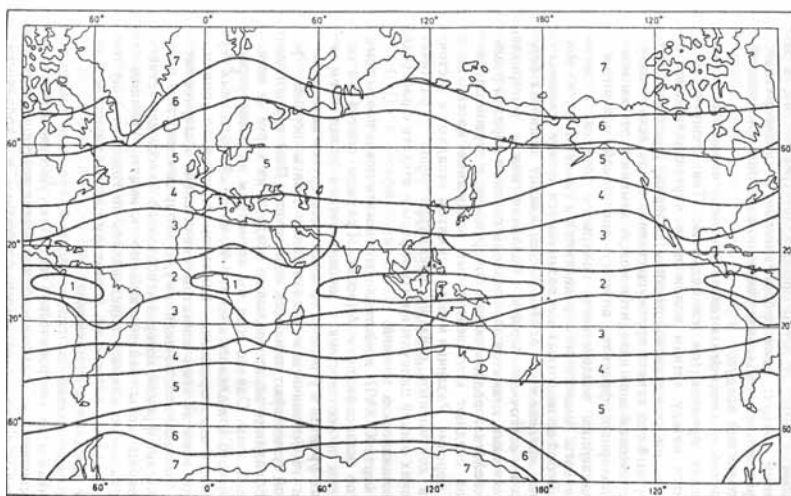


Рис. 31. Климатические пояса Земли по Б.П. Алисову:

**1–экваториальный; 2 – субэкваториальный; 3 – тропический; 4– субтропический; 5 – умеренный; 6– субполярный; 7 – полярный**



В соответствии с сезонностью и годовым ходом осадков и температуры климаты делятся (дифференцируются) далее (вторые буквы):

**w** – сухая зима;

**s** – сухое лето;

**f** – четко выраженного сухого сезона нет.

Только для С и Д – третьи буквы – тепловые условия по предельным значениям и длительности:

**a** – температура самого теплого месяца  $> 22^{\circ}\text{C}$ ;

**v** – температура самого теплого месяца  $< 22^{\circ}\text{C}$ , но хотя бы четыре месяца температура  $> 10^{\circ}\text{C}$ ;

**c** – лишь 1–4 месяцев с температурой  $> 10^{\circ}\text{C}$ , самый холодный месяц – температура  $> -38^{\circ}\text{C}$ ;

**d** – лишь 1–4 месяца с температурой  $> 10^{\circ}\text{C}$ , самый холодный месяц температура  $< -38^{\circ}\text{C}$ .

## Лабораторное занятие №12

### Климатообразование

*Цель работы:* дать комплексную климатическую характеристику территории.

*Порядок выполнения работы*

1. Назвать климатообразующие процессы.

2. Вспомнить географические факторы климата.

**Задание 1. Практическая работа.** Характеристика климата территории.

1. Ознакомиться со справочным материалом. Выбрать станцию на территории Алтайского края.

2. Заполнить таблицу 15.

Таблица 15

Показатели для климатической характеристики территории

Месяц	Январь I	II	III	IV							XII	Год
Средняя месячная и годовая температура воздуха												
Абс. максимум												
Абс. минимум												
Среднее количество осадков												

3. Построить графики распределения метеовеличин.

4. **Составить краткую климатическую характеристику** любой выбранной территории (объекта) Алтая (Атлас Алтайского края, 1978) по плану:

а) физико-географическое положение;

б) влияние географических факторов климатообразования: географическая широта, высота над уровнем моря, распределение суши и моря, океанические течения, формы рельефа, растительный покров, почва

б) основные факторы климатообразования:

солнечная радиация (солнечная радиация → температура воздуха);

циркуляция атмосферы (типы воздушных масс, участвующих в формировании климата; барические центры по сезонам, направление господствующих ветров);

в) распределение осадков по сезонам;

г) тип климата. Основные его черты.

д) оценка климата территории для жизни и деятельности человека.

### **Лабораторное занятие №13**

#### **Изменения климата**

#### **Глобальное потепление и его экологические следствия**

*Цель:* рассмотреть особенности современного глобального потепления климата и возможные экологические последствия.

#### *Контрольные вопросы*

1. Понятие глобального потепления.
2. Глобальное потепление на земном шаре – оценки, тенденции, причины.
3. Глобальное потепление в России.
4. Последствия глобального потепления.

#### **Изменения и изменчивость климата**

Наибольшее разнообразие терминов характерно для обозначения одной из особенностей климата – его непостоянства. Согласно Е.С. Рубинштейн, понятие «изменение климата» представляется как обобщение всякого рода непостоянства климата, а «колебание климата» и «климатическая тенденция» – его частные случаи (Рубинштейн, Полозова, 1966). По мнению А.В. Кислова (2001), вре-

менная изменчивость в масштабах от долей секунды до миллиардов лет является характерной особенностью климата. Из этого диапазона изменения масштабом от межгодовых до самых низкочастотных относятся к *климатическим флуктуациям*, менее 100 лет – *изменчивости климата*, от 100 до 20000 лет – короткопериодным *изменениям климата*, более 20000 лет – долговременным *изменениям климата*.

На основании классификации колебаний метеорологических и океанографических параметров в зависимости от их масштабов А.С. Мони́на, Г.В. Груза и Э.Я. Ранькова (2002) предложили следующую практическую классификацию масштабов изменчивости характеристик климатической системы:

- *климатическая изменчивость* (климатические *флуктуации*) – от трех недель до нескольких десятилетий (целесообразно – около трех десятилетий). В частности, **интервал 30 лет принят ВМО за стандартный (базовый) период для оценки «климатических норм» (с 1961 по 1990 г. в настоящее время);**

- *изменения климата* – в масштабах больше десятилетий.

И.Л. Кароль, В.М. Катцов и др. (2008) под *изменениями климата* подразумевают устойчивую тенденцию какой-либо климатической характеристики, в противоположность относительно кратковременным изменениям или *колебаниям климата* (сезонные, квазидвухлетние и др.).

Согласно терминологии МГЭИК, под *изменениями* (change) климата понимаются статистически существенные вариации среднего состояния, устойчивость которых сохраняется на протяжении десятилетий и более. Они могут иметь природное происхождение и (или) быть обусловленными антропогенными факторами (изменения состава атмосферы или землепользования). Под *изменчивостью* (variability) климата понимаются вариации среднего состояния и других статистических характеристик климата при всех временных масштабах, выходящие за пределы отдельных событий погоды.

Согласно статье 1 Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (**РКИК ООН**), изменение климата определяется более узко следующим образом: «...*изменение климата*, которое прямо или косвенно обусловлено деятельностью человека, вызывающей изменения в составе глобальной атмосферы, и накладывается на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов



времени». Таким образом, РКИК ООН проводит различие между *изменением климата*, обусловленным деятельностью человека, и *изменчивостью климата*, обусловленной естественными причинами. Подводя итог, следует констатировать сохраняющуюся неопределенность терминов «изменения климата», «изменчивость климата», «колебания климата».

Для **характеристики климата**, в соответствии с рекомендациями российских исследователей (Ранькова, 2005), применяется **статистическое описание в терминах средних, экстремумов, показателей изменчивости** соответствующих величин явлений за выбранный интервал времени. Все эти *дескриптивные статистики* называются *климатическими переменными*. Изменение климата для заданной области или для земного шара в целом характеризуется разностью между некоторыми климатическими переменными для двух интервалов времени. Изменения климата чаще всего оцениваются по характеру климатической тенденции (**trend**) изменения на определенном отрезке времени в виде **линейных трендов** (Рубинштейн, Полозова, 1966; Методы оценки..., 2012). При оценке линейного тренда предполагается, что значение климатической переменной  $x$  линейно меняется со временем  $t$ , а также подвержено влиянию факторов ненаправленной изменчивости:

$$x(t) = a + bt + \xi(t),$$

где  $a$  и  $b$  – константы;  $\xi(t)$  – независимые реализации случайной величины  $\xi$  с дисперсией  $D$ .

Для количественной оценки тренда, т.е. определения его значимости (вероятности существования), величины интенсивности и направления изменений применяются параметрические критерии, **описание тренда при этом сводится к оценке  $a$  и  $b$  методом наименьших квадратов.**

### *Дополнительные материалы к занятию 13*

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) учреждена в 1988 г. как совместный орган ЮНЕП и Всемирной метеорологической организации с целью получения максимально достоверных и авторитетных данных, связанных с изменением климата. МГЭИК привлекает к своим работам сотни ученых со всего мира и публикует доклады с детально согласованными на межправительственном уровне рекомендациями. Первый доклад МГЭИК был завершен в 1990 г., Второй — в 1995 г., Третий — в

2001 г., IV Доклад МГЭИК – «Изменение климата 2007», также известный как «AR4» был опубликован в 2007 г. ([http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/)).

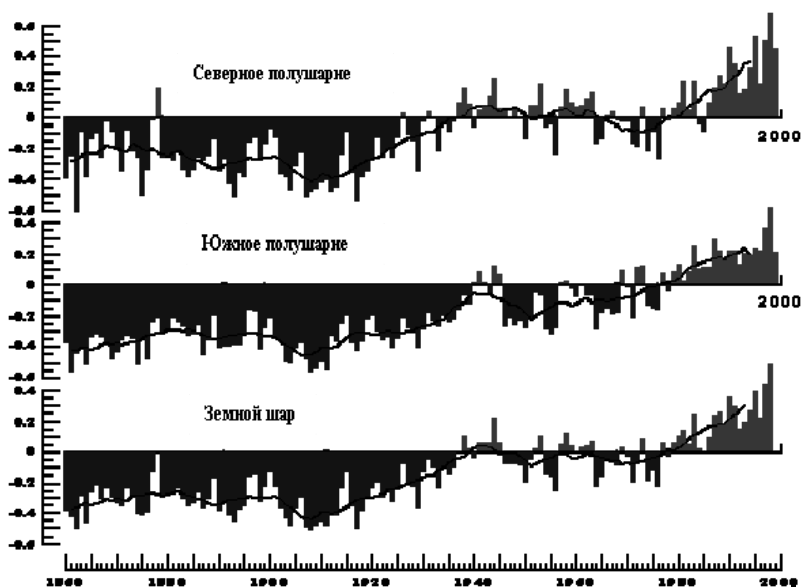


Рис. 33. Отклонения от средней за 1961–1990 гг. температуры воздуха Северного и Южного полушарий, земного шара в целом (°C; IPCC, 2007)

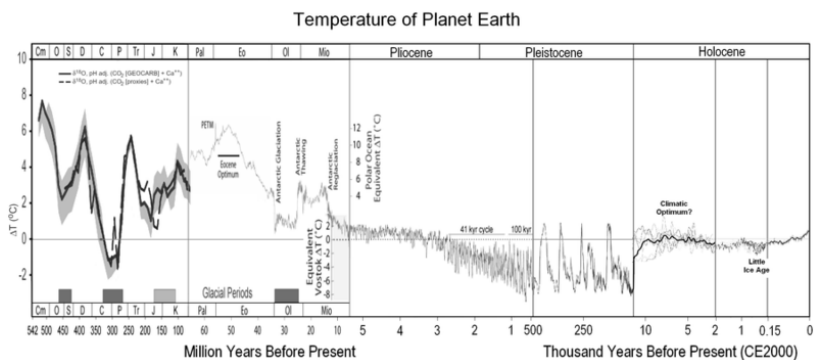
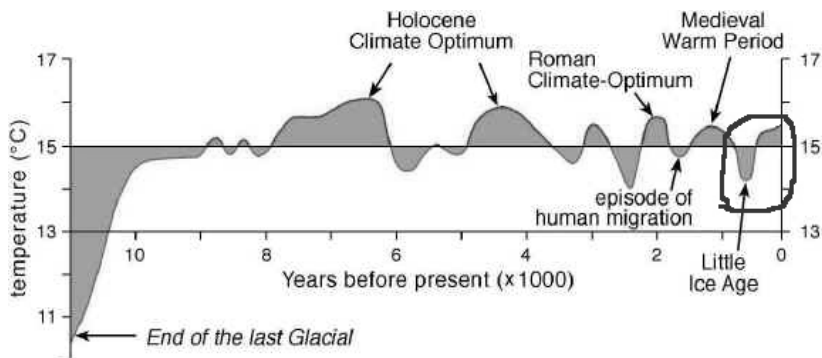


Рис. 34. Изменение средней температуры воздуха на Земном шаре в течение 500 млн лет



Average near-surface temperatures of the northern hemisphere during the past 11.000 years (after Dansgaard et al., 1969, and Schönwiese, 1995)

Рис. 35. Изменение приземной температуры воздуха Северного полушария в течение последних 11000 лет

**Список литературы по теме «Изменение климата»**

1. Борисенков, Е.П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы / Е.П. Борисенков, В.М. Пасецкий. – М.: Мысль, 1988. – 522 с.
2. Будыко, М.И. Изменения климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.
3. Будыко, М.И. Климат в прошлом и будущем / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 352 с.
4. Герман, Дж. Р. Солнце, погода и климат / Дж. Р. Герман, Р.А. Голдберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 319 с.
5. Груза, Г.В. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова Э.Я // Метеорология и гидрология. – 2004. – №4. – С. 50–66.
6. Дроздов, О.А. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР / О.А. Дроздов, А.С. Григорьева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 158 с.
7. Дроздов, О.А. Возможные изменения влагооборота при потеплении климата / О.А. Дроздов, И.В. Малкова // Труды ГГИ. – 1981. – Вып. 271. – С. 3–10.
8. Изменение климата. Англо-русский словарь терминов, названий, выражений / сост. А. О. Кокорин при участии Л.Н. Скура-товской и И.А. Ханькова. – М.: WWF России, 2008. – 84 с.

9. **Информационный бюллетень «Изменение климата».** – URL: <http://meteorf.ru/rgm2.aspx?RgmFolderID=3187b49c-5c8e-499d-b470-848ebb353176>
10. **Информационный сайт Росгидромета «Изменение климата».** – URL: <http://www.global-climate-change.ru/>
11. Кислов, А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем / А.В. Кислов. – М.: Наука, 2001. – 351 с.
12. Климатическая доктрина Российской Федерации: утв. Распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. №861-рп. – URL: [www.kremlin.ru/acts/6365](http://www.kremlin.ru/acts/6365)
13. Коломыц, Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды / Э.Г. Коломыц. – М.: Наука, 2003. – 371 с.
14. Монин, А.С. История климата / А.С. Монин, Ю.А. Шишков. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 408 с.
15. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / под ред. В.М. Катцова, Б.Н. Порфирьева. – М.: Д'АРТ, 2011. – 252 с.
16. **Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации.** Общее резюме / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – М.: Росгидромет, 2008. – 29 с. – URL: <http://climate2008.igce.ru/v2008/hm/index00.htm>
17. Харламова, Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула: монография / Н.Ф. Харламова, В.С. Ревякин, Б.А. Леконцев. – Барнаул, 2005.
18. Харламова, Н.Ф. Современные изменения климата внутриконтинентальных районов России / Н.Ф. Харламова // Известия АлтГУ. – 2006. – №3(51). – С. 47–52.
19. Харламова, Н.Ф. Изменения климата Алтайского региона в свете концепции устойчивого развития Российской Федерации / Н.Ф. Харламова // География и природопользование Сибири. – 2006. – Вып. 8. – С. 234–249.
20. Харламова, Н.Ф. Обзор современного термического режима Алтае-Саянского экорегиона и возможные прогнозы / Н.Ф. Харламова, О.В. Останин // Известия АлтГУ. – 2012. – №3/1 (75). С. 147–152.
21. Шерстюков, Б.Г. Изменения, изменчивость и колебания климата / Б.Г. Шерстюков. – Обнинск, 2011. – С. 294.

22. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4).**  
URL: [http://global-climate-change.ru/download/ar4\\_syr\\_ru.pdf](http://global-climate-change.ru/download/ar4_syr_ru.pdf)

### **Лабораторное занятие №14** **Загрязнение атмосферы**

*Цель:* Ознакомление с условиями загрязнения, наблюдениями за качеством и оценкой уровня загрязнения в Барнауле.

*Порядок выполнения работы*

На основе изучения лекционного материала и учебной литературы рассмотреть следующие вопросы:

1. Антропогенное загрязнение атмосферы.
2. Источники загрязнения.
3. Условия концентрации и рассеивания выбросов.
4. Исследование загрязнения атмосферы.
5. Загрязнение атмосферы на территории Алтайского края и Барнаула.
6. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха в городе Барнауле и оценка уровня его загрязнения (по работе К.О. Шутовой).
7. Влияние загрязнения атмосферы на здоровье человека.

*Литература:*

1. Бутаков, И.В. Воздействие автотранспорта и промышленных предприятий на загрязнение атмосферы г. Барнаула / И.В. Бутаков. – Барнаул, 2001.
2. Воронцов, А.И. Охрана природы / А.И. Воронцов Е.А., Щетинский, И.Д. Ниодимов.– М.: Агропромиздат, 1989.
3. Онищенко, Г.Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи / Г.Г. Онищенко. – М.: Минздрав России, 2003.
4. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М., 1995.
5. Шутова, К.О. Наблюдения за качеством атмосферного воздуха в г. Барнауле и оценка уровня его загрязнения / К.О. Шутова // Алтайский регион в фокусе глобальных земных проблем: мат. междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 10–11 ноября 2006 г.). – Барнаул, 2006. – С. 172–180.

Состав стационарной государственной сети наблюдений  
за загрязнением окружающей среды (2006 г.)

Компоненты окружающей среды / виды наблюдений	Стационарная сеть наблюдений	Определяемые параметры
<b>Атмосферный воздух</b>		
Загрязнение в городах город/пункт	229/629	Концентрации примесей (от 4 до 38) и метеорологические характеристики
Трансграничный перенос	4	Приземный озон, диоксиды серы и азота, аэрозоли сульфатов, нитратов, аммония, ионный состав осадков, метеорологические характеристики
<b>Атмосферные осадки</b>		
– кислотность (рН)	102	Кислотность атмосферных осадков и их химический состав, удельная электропроводность, общая кислотность, метеорологические характеристики
– химический состав	121	
Снежный покров (выпадение аэрозолей)	536	Ионы сульфата, нитрата аммония, рН, бенз(а)пирен, тяжелые металлы
Парниковые газы	1	Диоксид углерода, метан
Озонный слой	27	Общее содержание озона (СО <sub>3</sub> ), УФ-радиация, метеорологические характеристики
Комплексный фоновый мониторинг (заповедники)	5	Концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, поверхностных водах, осадках, почве, биоте и метеорологические характеристики
<b>Поверхностные воды</b>		
Качество вод по гидрохимическим показателям:		Гидрологические, гидрохимические, главные ионы, биогенные элементы, основные загрязняющие вещества, тяжелые металлы, пестициды
– суши (пункт/створ)	1716/2390	Всего 116
– морей	573	Всего 101
Качество вод по гидробиологическим показателям:		Фито- и зоопланктон, зообентос, перифитон, продукция и деструкция органического вещества, макрофиты, токсикологические показатели (биотестирование), гидрологические характеристики
– суши	198	
– морей	46	

<b>Почвы</b>		
Загрязнение токсикантами органического происхождения	101 город	29 (нефтепродукты, тяжелые металлы, бенз(а)пирен)
Загрязнение пестицидами	612	52
<b>Радиоактивность</b>		
Радиоактивность, в том числе:	1311	МЭД на местности. Количественное содержание радионуклидов (общая бета-активность, объемная активность в воздухе, плотность радиоактивных выпадений из атмосферы, объемная активность в воде, изотопный состав аномально высокого загрязнения)
в приземной атмосфере	469	
в осадках	32	
в поверхностных водах:		
– суши	46	
– морей	15	

### **Примерный перечень вопросов к экзамену (зачету) по курсу «Климатология с основами метеорологии»**

1. Метеорология и климатология. Предмет исследования. Методы. История развития метеорологии. ВМО. Программа наблюдений на станциях.
2. Состав сухого воздуха. Примеси в атмосфере (антропогенные, естественные). Изменение состава воздуха со временем и по высоте.
3. Барическая ступень. Понятие, формула, связь с изменением температуры и давления.
5. Основные слои атмосферы и их особенности
6. Метевеличины. Шкалы. Атмосферные явления.
7. Уравнение состояния сухого воздуха. Критическая температура.
8. Уравнение состояния влажного воздуха. Виртуальная температура.
9. Понятие об атмосферном давлении. Единицы измерения, приборы.
10. Основное уравнение статики атмосферы. Выводы из уравнения.
11. Понятие адиабатического процесса.
12. Сухоадиабатический градиент.
13. Влажноадиабатические изменения температуры.
14. Спектр электромагнитного излучения Солнца.
15. Строение Солнца, солнечная активность. Числа Вольфа.

16. Прямая и рассеянная солнечная радиация. Закон Рэлея. Закон Бугера.
17. Изменения солнечной радиации в атмосфере (рассеяние, поглощение, отражение) и на земной поверхности (в зависимости от угла падения, времени года).
18. Альbedo и отраженная радиация. Эффективное излучение.
19. Радиационный баланс земной поверхности.
20. Тепловой баланс земной поверхности.
21. Различия в тепловом режиме почвы и водоемов.
22. Причины изменений температуры воздуха.
23. Географическое распределение температуры воздуха по земному шару.
24. Испарение и испаряемость.
25. Индексы увлажнения.
26. Классификации осадков.
27. Грозовое облако (схема). Молния (понятие, типы, процесс). Гром.
28. Географическое распределение осадков.
29. Процесс образования осадков.
30. Наземные гидрометеоры.
31. Волнистообразные облака.
32. Кучевообразные облака.
33. Дымка, мгла, туман (классификация).
34. Схема общей циркуляции атмосферы.
35. Географическое распределение давления и ветров. Центры действия атмосферы (постоянные и сезонные).
36. Силы, определяющие ветер.
37. Местные ветры (бризы, горно-ледниковые, фен, бора).
38. Муссоны (определение, муссонные зоны, факторы возникновения субэкваториальных муссонов, характеристика погоды) .
39. Атмосферные фронты (климатологические и синоптические).
40. Теплый фронт (схема, погода).
41. Холодный фронт (схема, погода).
42. Тропические циклоны (понятие, типы, районы возникновения, особенности перемещения, погода).
43. Циклон. Типы, стадии развития, погода.
44. Антициклон. Типы, стадии развития, погода.
45. Скорость и направление ветра. Влияние препятствий на ветер. Конвергенция и дивергенция потоков.



46. Географические факторы климата.
47. Континентальность климата. Индексы континентальности.
48. Географическая широта как фактор климатообразования. Соляной климат.
49. Воздействие океанических течений на климат.
50. Классификация климата (Б. Алисова и В. Кеппена).
51. Характеристика субэкваториального климата.
52. Характеристика климата умеренных широт.
53. Особенности средиземноморского типа климата.
54. Изменения климата.
55. Микроклимат города.
- 56 Микроклимат леса.
57. Измерение осадков (приборы, единицы, частота измерений, характеристики осадков).
58. Снежный покров. Наблюдения, характеристики.
59. Метели (общие, низовые), поземок.
60. Международная классификация облаков.





*Учебное издание*

Харламова Наталья Федоровна,  
Захарчук Надежда Владимировна

**КЛИМАТОЛОГИЯ  
С ОСНОВАМИ МЕТЕОРОЛОГИИ**

Учебно-методическое пособие

Редактирование, подготовка оригинал-макета:  
Н.Я. Тырышкина

Подписано в печать 10.04.2013. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 5,5. Тираж 100 экз. Заказ

Типография Алтайского государственного университета:  
656049, Барнаул, ул. Димитрова, 66