

**С.И. Пряхина, С.В. Морозова, Н.В. Семенова,  
Н.В. Короткова**

## **Метеорология и климатология**

Учебно-методическое пособие  
для проведения лабораторных и практических работ

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

**С.И. Пряхина, С.В. Морозова, Н.В. Семенова  
Н.В. Короткова**

## **Метеорология и климатология**

Учебно-методическое пособие для проведения лабораторных и практических работ

Для студентов, обучающихся по направлениям

05.03.02– География (профили подготовки «Геоморфология», «Физическая география и ландшафтоведение», «Экономическая и социальная география»);

05.03.03 - Картография и геоинформатика;

05.03.06 – Экология и природопользование;

44.03.01 – Педагогическое образование (профиль подготовки «География»)

Саратов  
2017

УДК 551 501.1  
ББК 26.23  
П85

Рекомендуют к печати:  
кафедра метеорологии и климатологии  
ФБГОУ ВО «СГУ имени Н.Г.Чернышевского»;  
Научно-методическая комиссия географического факультета  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»  
Ученый совет географического факультета  
(Выписка из протокола № 2 от 27 октября 2016 г.)  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

**П85 Пряхина С.И., Морозова С.В., Семенова Н.В., Короткова Н.В.**

Учебно-методическое пособие для проведения практических и лабораторных работ по курсу «Метеорология и климатология» для студентов, обучающихся по направлениям: 05.03.02 – География, 05.03.03 - Картография и геоинформатика; 05.03.06 – Экология и природопользование; 44.03.01 – Педагогическое образование (профиль подготовки «География» – Саратов: 2017. – 46 с..

В учебно-методическом пособии излагаются основные методы и средства простейших метеорологических наблюдений. Описаны основные гидрометеорологические приборы, применяемые на метеорологических площадках, а также их устройство, принцип действия и правила производства наблюдений по ним. Приведены задания для практических и лабораторных работ по дисциплине «Метеорология и климатология»

УДК 551 501.1  
ББК 26.23  
П85

© Пряхина С.И., Морозова С.В.,  
Семенова Н.В., Короткова Н.В. 2017

## Содержание

	Стр
Введение	4
1 Организация и работа метеорологических станций и постов	5
1.1 Метеорологические станции и посты	5
1.2 Метеорологическая площадка	5
1.3 Сроки и порядок наблюдений	7
2 Измерение атмосферного давления	8
2.1 Приборы для измерения атмосферного давления	8
3 Измерение скорости и направления ветра	12
3.1 Приборы для измерения скорости и направления ветра	13
3.2 Повторяемость направлений ветра и штилей	16
4 Измерение температуры почвы и воздуха	17
4.1 Измерение температуры воздуха	18
4.2 Измерение температуры поверхности почвы	23
4.3 Измерение температуры почвы на глубинах	24
5 Измерение влажности воздуха	27
5.1 Определение величин влажности воздуха	27
5.2 Методы измерения влажности воздуха	28
5.3 Приборы для измерения влажности воздуха	29
6 Измерение атмосферных осадков и высоты снежного покрова	35
6.1 Приборы для измерения осадков	35
6.2 Наблюдения за снежным покровом	38
7 Определение формы и высоты облаков	39
Список использованных источников	44

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сведения о состоянии атмосферы широко используется как при составлении прогнозов погоды, так и при решении различных задач, в том числе и экономических.

Множество различных методов и средств получения метеорологической информации требует тщательного изучения. В данном учебно-методическом пособии рассмотрены современные методы и приборы, предназначенные для проведения метеорологических измерений, описаны основные требования к их эксплуатации.

Основу данного учебно-методического пособия составляет содержание курса «Методы и средства гидрометеорологических наблюдений».

В главе 1 приводится описание и устройство метеорологической площадки, а также требования к измерению метеорологических величин. В главах 2-7 описаны наблюдения за метеорологическими величинами (атмосферное давление, ветер, температура и влажность воздуха, осадки, облачность), которые используются при метеорологическом обеспечении в соответствии с рекомендациями ВМО.

Материал пособия разбит по темам курса, каждая работа состоит из двух частей — теоретической и практической. Методики проведения метеорологических наблюдений приведены в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам» [1, 2], определяющим основные положения по организации и осуществлению комплекса приземных метеорологических наблюдений с учетом рекомендаций Всемирной метеорологической организации.

Сведения об устройстве приборов, конструкции установок, их установке и измерениям приводятся в теоретической части.

Рисунки, приведенные в работе, не являются авторскими, они взяты из справочной литературы [1-4].

# **1 Организация и работа метеорологических станций и постов**

## **1.1 Метеорологические станции и посты**

Основной метод исследования в метеорологии – метод наблюдений, то есть измерение и качественная оценка метеорологических величин, характеризующих физическое состояние атмосферы и подстилающей поверхности (воды, суши), оказывающей большое влияние на развитие атмосферных процессов.

Для измерения метеорологических величин создана сеть метеорологических станций и постов, оснащенных соответствующими приборами и установками.

Важным источником метеорологической информации служат наблюдения, осуществляемые с помощью автоматических, телеметрических и радиометрических станций, авиации и искусственных спутников Земли.

На метеорологических станциях и постах производят наблюдения за основными и дополнительными метеорологическими величинами: температурой, влажностью, давлением, скоростью и направлением ветра и др.

Данные наблюдений метеорологических станций представляют научную и практическую ценность, только в том случае, если они сравнимы между собой. Для обеспечения этого условия все метеорологические станции ведут наблюдения по специальным наставлениям и инструкциям, по однотипным приборам и в определенное время.

## **1.2 Метеорологическая площадка**

Наблюдения за большинством метеорологических величин проводятся на метеорологической площадке. Для сравнимости наблюдений очень важно выбрать место для метеорологической площадки и правильно разместить приборы.

Метеорологическую площадку располагают на ровном открытом горизонтальном участке, типичном для района, чтобы полученные данные наблюдений характеризовали окружающую территорию.

Метеорологическая площадка должна иметь форму прямоугольника, стороны которого должны быть направлены с севера на юг и с запада на восток. Размеры площадки зависят от количества аппаратуры и объема работы станции. Стандартная площадка имеет размер 26\*26 м (допускаются минимальные размеры 20\*16 м), площадка станции, ведущей актинометрические наблюдения, – 26\*36 м (длинными сторонами ориентируется с севера на юг).

Площадка должна быть огорожена для сохранения естественной поверхности, а также для сохранности установленного на ней оборудования. Ограда должна обеспечивать хорошую естественную вентиляцию любого места на площадке. С северной стороны для входа делают калитку. Ограда

площадки, подставки, будки, столбы, мачты и другое вспомогательное оборудование окрашивается в белый цвет для предохранения их от излишнего перегрева прямыми солнечными лучами.

Приборы на метеорологической площадке устанавливают в определенном порядке (рис.1.1), чтобы они не затеняли друг друга и не препятствовали свободному обмену воздуха. Расстояние между приборами и от ограды до приборов должно быть 4 – 6 м.

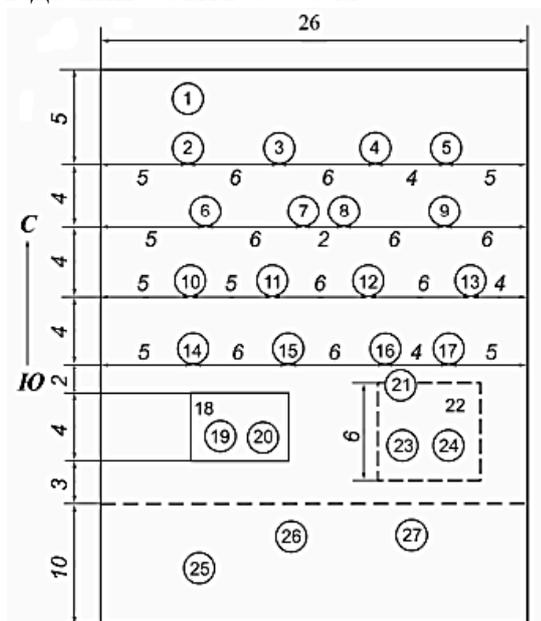


Рисунок 1.1 - План размещения оборудования и приборов на метеорологической площадке (расстояния указаны в метрах):

1 — геодезический репер станции; 2 — флюгер с легкой доской; 3 — датчик анеморумбометра (анеморумбографа); 4 — флюгер с тяжелой доской; 5 — гололедный станок; 6 — будка психрометрическая; 7 — снегомерная рейка; 8 — будка психрометрическая запасная; 9 — будка для самописцев; 10 — прибор для измерения МДВ (например, установка М-53); 11 — осадкомер; 12 — пьювиограф; 13 — запасной столб осадкомера (для установки при снежном покрове); 14 — снегомерная рейка; 15 — гелиограф; 16 — ледоскоп; 17 — росограф; 18 — оголенный участок для установки напочвенных (19) и коленчатых термометров Савинова (20); 21 — снегомерная рейка; 22 — участок с естественным растительным покровом для установки почвенно-глубинных термометров (23) и мерзлотомера (24); 25 — установка для измерения вертикальных градиентов температуры и влажности воздуха; 26 — установка для измерения изменчивости скорости ветра с высотой; 27 — актинометрическая установка (стойка с приборами);

С северной стороны площадки размещают более высокие установки: флюгер с легкой доской или анеморумбометр, флюгер с тяжелой доской и гололедный станок. В виде исключения на некоторых метеорологических станциях флюгер устанавливают на крыше здания. В южной части площадки выделяют участки: с естественным покровом и оголенный для почвенных термометров. На участке с естественным покровом устанавливают также мерзлотометр и снегомерные рейки. В средней части площадки размещают психрометрическую будку, будку для самописцев, осадкомер, пьювиограф.

Актинометрические приборы устанавливают в южной части площадки. Все другие приборы и установки размещают на свободных местах, предпочтительно на северной стороне площадки.

Для сохранения естественного покрова на метеорологической площадке хождение допускается по дорожкам шириной 40 – 50 см. Их

прокладывают так, чтобы наблюдатель мог подходить к приборам с северной стороны и затрачивать меньше времени на переходы от одной установки к другой. Зимой при равномерном залегании снежного покрова дорожки не рекомендуется очищать от снега. Летом высота растительного покрова на площадке не должна превышать 20 см. Скошенную траву надо немедленно убрать с площадки.

Некоторые метеорологические наблюдения проводят за пределами площадки. Например, снегомерные съемки проводят по заранее установленному маршруту, атмосферное давление измеряют в служебных помещениях метеорологических станций. В служебных помещениях устанавливаются измерительные пульта дистанционных приборов [2].

### **1.3 Сроки и порядок наблюдений**

Для обеспечения сравнимости и однородности результатов наблюдений метеорологических станций необходимо строго соблюдать сроки и порядок наблюдений.

С 1 января 1966 г. наблюдения на всех метеорологических станциях проводят синхронно восемь раз в сутки в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч по гринвичскому времени. Исключение составляют актинометрические наблюдения. Их проводят по среднему солнечному времени в 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 15 ч 30 мин и 18 ч 30 мин.

Во все сроки измеряют температуру воздуха и почвы, влажность воздуха, скорость ветра и его направление, метеорологическую дальность видимости, атмосферное давление, определяют характеристики облачности. Другие величины, не имеющие хорошо выраженного суточного хода, определяют не во все сроки и даже между сроками. Так, состояние поверхности почвы и осадки определяют два раза в сутки в сроки, ближайšie к 8 и 20 ч местного времени пояса, в котором расположена станция. Высоту снежного покрова, глубину промерзания почвы измеряют один раз в утренний срок, ближайший к 08 ч декретного времени данного пояса. Снегомерные съемки производят один раз в 10 дней, а весной перед началом и в период таяния снега – один раз в 5 дней. Испарение измеряют один раз в 5 дней, влажность почвы – один раз в 10 дней (на 8-й день декады). Ленты термографа, гигрографа, барографа меняют в срок, ближайший к 13 ч, а пювиографа – к 20 ч местного времени.

За начало суток на каждой станции принимают единый срок, ближайший к 20 ч, а за первый срок наблюдений – срок, ближайший к 23 ч местного времени.

Так как произвести измерения всеми приборами точно в срок наблюдений нельзя, принято при восьмисрочных наблюдениях температуру и влажность воздуха измерять за 10 мин, а давление воздуха – за 2 мин до срочного часа. Все остальные измерения начинают за 30 мин до срока и заканчивают после срока. Общая продолжительность наблюдений составляет 30 – 40 мин [2].

## 2 Измерение атмосферного давления

Атмосферное давление – это сила, действующая на единицу поверхности, т. е. атмосферное давление в каждой точке атмосферы равно массе вышележащего столба воздуха с основанием, равным единице.

Единицей давления является Паскаль (Па), равный силе в 1 Ньютон (Н), действующей на площадь в  $1 \text{ м}^2$  ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ). В метеорологии давление выражают в гектопаскалях (гПа) с точностью до 0,1 гПа.

До недавнего времени в качестве единицы давления использовали миллибар (мбар) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.). Существующие приборы для измерения давления имеют шкалы также в разных единицах. Соотношение между этими единицами следующее:  $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$ ;  $1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа} = 1,33 \text{ мбар}$ .

Атмосферное давление является одной из важнейших метеорологических величин. Изменение его во времени в данной местности тесно связано с развитием атмосферных процессов (приближением и прохождением фронтов, циклонов, антициклонов); различия по горизонтали являются непосредственной причиной движения воздуха; закономерности изменения давления с высотой используются для решения ряда практических задач, в частности для определения превышения между двумя уровнями.

Для расчета небольших разностей высот (до 1000 м) используется барометрическая формула Бабинэ:

$$h = 16000 \cdot (1 + 0,004 t_m) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}, \quad (2.1)$$

где  $h$  – превышение, в м;  $p_1$  и  $p_2$  – давление воздуха на нижнем и верхнем уровнях, в гПа, мбар или мм рт. ст.;  $t_m$  – средняя температура воздуха слоя между уровнями; 0,004 – коэффициент расширения газа.

Эта формула позволяет осуществлять барометрическое нивелирование и может быть использована в практике сельского хозяйства для составления топографических карт в сильно пересеченной местности, когда обычное нивелирование применить трудно.

### 2.1 Приборы для измерения атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления применяют ртутные и деформационные барометры разных типов, а для непрерывной регистрации давления – барографы.

В ртутных барометрах измерение давления основано на измерении высоты ртутного столба, уравнивающего атмосферное давление, а в деформационных – на зависимости упругой деформации твердых тел от оказываемого на них давления.

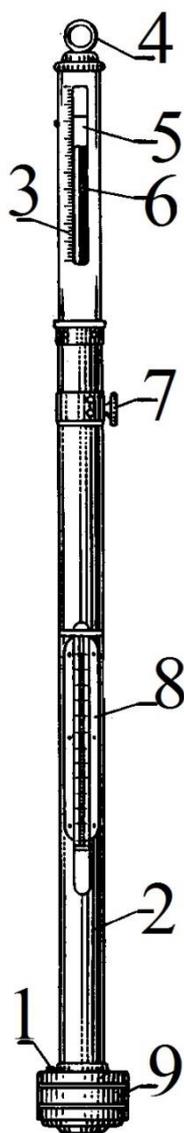


Рисунок 2.1 -  
Барометр  
чашечный  
станционный

Наиболее распространенными чувствительными элементами в этих приборах являются анероидные мембранные коробки (барокоробки) и блоки из них (бароблоки).

**Станционный чашечный барометр** (рис. 2.1) состоит из стеклянной трубки (6) длиной около 800 мм и внутренним диаметром 7,2 мм, запаянной с верхнего конца и заполненной очищенной ртутью.

Нижний конец трубки опущен в пластмассовую чашку (9) и укреплен с помощью шайбы. Чашка (9) состоит из трех свинчивающихся частей. В средней части чашки имеется диафрагма с отверстиями.

Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора. Барометр сообщается с атмосферным воздухом через резьбовое отверстие в крышке чашки, которое для предохранения ртути от загрязнения закрывается винтом (1) с кожаной шайбой. Стеклянная трубка находится в металлической оправе (2). В нижней части ее укреплен термометр (8) для измерения температуры прибора с ценой делений  $1,0^{\circ}\text{C}$ . В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке.

Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры (7) перемещается кольцо с укрепленным на нем нониусом (5), который служит для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей. В верхней части оправы укреплено кольцо (4) для подвешивания барометра.

**Установка.** Барометр подвешивают за кольцо на крюк в специальном шкафу, укрепленном на капитальной стенке вдали от обогревательных систем, окон и дверей. С левой стороны прорези нанесена шкала (3) с пределами измерений от 680 до 1070 гПа (СР-А) или от 810 до 1100 мбар (СР-Б).

**Измерения.** Перед измерением открывают шкаф и включают освещение. Вначале отсчитывают показания термометра с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ , а потом, слегка постучав по защитной оправе барометра, чтобы мениск ртути в стеклянной трубке принял нормальную форму, подводят сверху нониус с помощью кремальеры до кажущегося касания его нижнего среза вершины мениска ртути (при правильной установке нониуса слева и

справа должны быть видны небольшие уголки просвета) и отсчитывают показания барометра с точностью до 0,1 мбар (0,1 гПа) (рис. 2.2, 2.3). Целые деления отсчитывают по нижнему срезу нониуса, а десятые – по нониусу. Деление нониуса, совпадающее с делением шкалы, показывает число десятых долей.

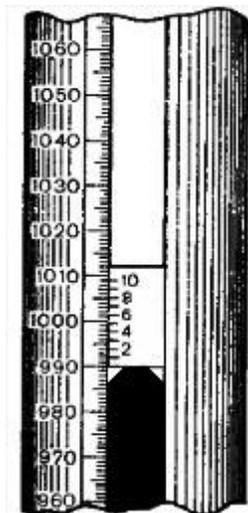


Рисунок 2.2 – Нониус стационарного чашечного барометра

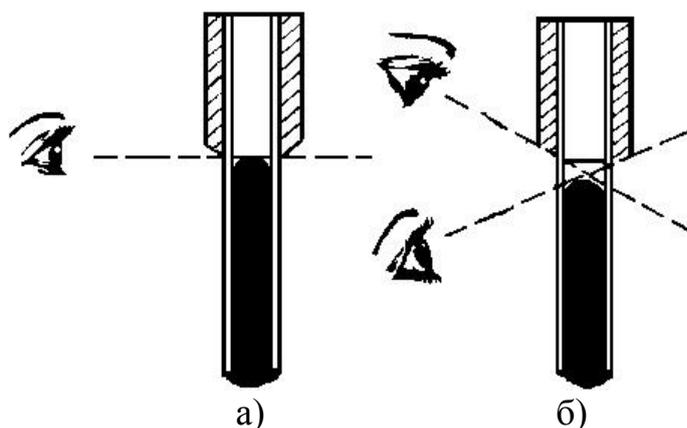


Рисунок 2.3 – Положение глаза при отсчете по барометру  
а) правильное б) неправильное

**Обработка измерений.** В показания барометра вводят три поправки: инструментальную (которая учитывает неточности в изготовлении прибора), на температуру барометра и ускорение свободного падения.

Введением поправок на температуру и ускорение свободного падения показания барометра приводят к температуре 0°С на широте места 45° на уровне станции.

Так как в зависимости от изменения давления поправка на ускорение свободного падения меняется незначительно, то для данного места ее определяют по среднегодовому давлению и суммируют с инструментальной, получая постоянную поправку. Таким образом, в результаты отсчета по барометру вводят две поправки: одну постоянную и вторую на температуру, которую определяют по специальной таблице.

**Барометр-анероид БАММ-1** (рис. 2.4). Анероиды выпускаются нескольких конструкций. В настоящее время наиболее распространенным является барометр-анероид БАММ-1. Принцип действия его основан на деформации мембранных анероидных коробок под действием давления и преобразования линейных перемещений мембран посредством передаточного механизма в угловые перемещения стрелки относительно шкалы. Анероид хранится в футляре. Это предохраняет его от резких колебаний температуры [1].

**Установка.** Барометр-анероид устанавливают горизонтально на специальной подставке или на столе. Футляр, в котором находится анероид, открывают только на время измерений.

**Измерения.** При измерениях вначале отсчитывают температуру по термометру при анероиде с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . После этого, слегка постучав по стеклу анероида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до  $0,1\text{гПа}$  или  $0,1\text{ мм рт. ст.}$

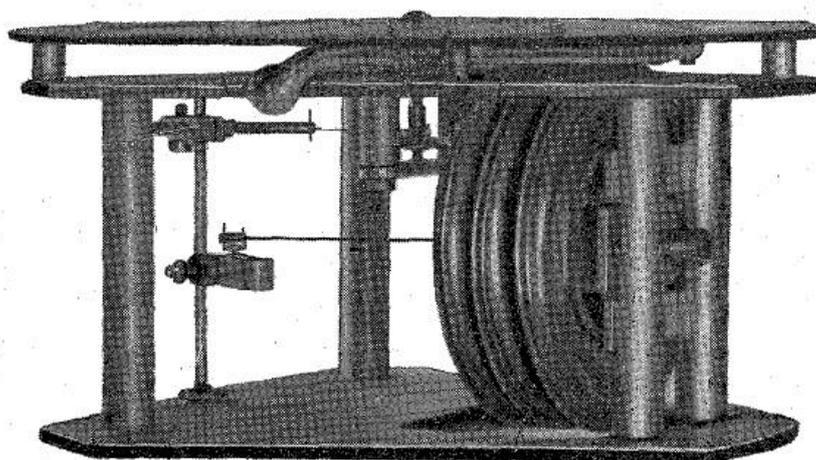


Рисунок 2.4 - Механизм барометра-анероида БАММ-1

**Обработка измерений.** В показания анероида вводят три поправки: шкаловую, температурную и добавочную. **Шкаловая поправка** учитывает инструментальную неточность анероида, возникающую в результате технологических допусков при изготовлении прибора. В различных участках шкалы она может быть разной. В поверочном свидетельстве шкаловые поправки приводятся для всей шкалы через каждые  $10\text{ гПа}$  или  $10\text{ мм рт. ст.}$  Для промежуточных показаний поправку определяют путем интерполяции двух соседних поправок.

**Температурная поправка** учитывает влияние температуры. При одном и том же атмосферном давлении, но разной температуре прибора показания анероида могут быть разными, так как с изменением температуры упругость мембранных коробок не остается постоянной. Чтобы исключить влияние температуры, показания анероида приводятся к  $0^{\circ}\text{C}$ . Для этой цели определен температурный коэффициент, представляющий собой изменение показания анероида при изменении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ . Он указан в поверочном свидетельстве. Для получения температурной поправки его надо умножить на температуру прибора.

**Добавочная поправка** учитывает остаточную деформацию коробок. Эта поправка меняется во времени. Поэтому в поверочном свидетельстве указывают дату ее определения. Добавочную поправку рекомендуется определять не реже одного раза в 6 месяцев, а при барометрическом нивелировании – до начала и после работы. Для определения добавочной поправки необходимо провести одновременные отсчеты по стационарному

чашечному барометру и анероиду (3-5 отсчетов). Разница между показаниями ртутного барометра с учетом всех поправок и анероида с двумя поправками (температурной и шкаловой) будет добавочной поправкой к анероиду.

Барометры-анероиды имеют широкое распространение, так как габариты их небольшие, они просты в обращении и удобны при транспортировке. Вследствие этого анероиды используются для барометрического нивелирования [1-3].

**Барограф М-22А** (рис 2.5) применяется для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления.

**Установка.** Барограф устанавливают горизонтально на специальной полке или на столе недалеко от ртутного барометра. Во избежание резких колебаний температуры он должен быть удален от отопительных приборов и защищен от воздействия солнечных лучей.

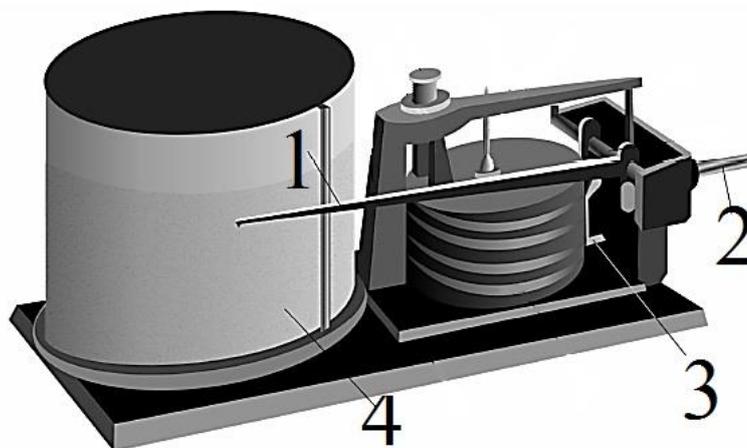


Рисунок 2.5 - Барограф М-22А

Перед установкой барографа арретиром (3) отводят стрелку с пером (1), снимают барабан (4), заводят часовой механизм и на барабан накладывают бумажную ленту, на которой записывают дату и время установки. После этого барабан (4) надевают на неподвижный стержень, укрепленный на плате, поворотом арретира перо подводят к барабану так, чтобы положение его соответствовало времени и величине атмосферного давления (по барометру) в данный момент. Во время работы прибора в сроки наблюдений на ленте нажатием на кнопку (2) делают засечки для сравнения его показаний с показаниями барометра.

**Задания:**

1. Изучить устройство и установку ртутного чашечного барометра и барометра-анероида, и правила измерений по ним.
2. Определить добавочную поправку к анероиду на дату занятий.
3. Определить высоту здания при помощи анероида.
4. Изучить устройство барографа и правила установки его.
5. Провести барометрическое нивелирование (определить высоту здания).

### 3 Измерение скорости и направления ветра

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Основными характеристиками ветра являются скорость и направление.

Скорость ветра измеряют числом метров, которое воздушный поток проходит в секунду (м/с). Иногда ее выражают в километрах в час (км/ч) или в условных единицах – баллах.

Направление ветра определяют той частью горизонта, откуда дует ветер, и выражают в румбах горизонта или в угловых градусах. Направление ветра в румбах горизонта определяют по 16-румбовой системе (рис. 3.1).

Для обозначения румбов используют начальные буквы стран света.

При измерении направления в градусах принимают север за 360 или 0°, восток – 90°, юг – 180°, запад – 270°.

В ряде случаев оценивают порывистость ветра, т.е. изменение мгновенных значений скорости и направления ветра во времени.

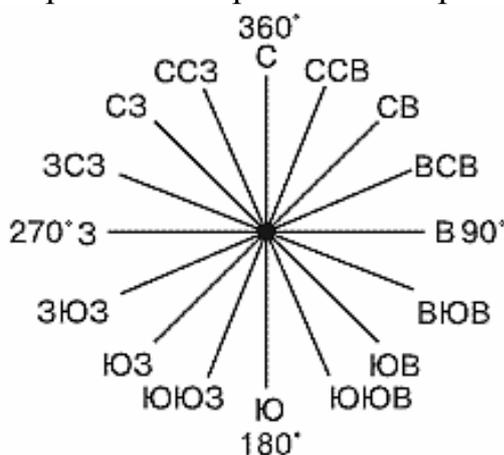


Рисунок 3.1 - Расположение румбов

С — север,	Ю — юг,
ССВ — северо-северо-восток,	ЮЮЗ — юго-юго-запад,
СВ — северо-восток,	ЮЗ — юго-запад,
ВСВ — востоко-северо-восток,	ЗЮЗ — западо-юго-запад,
З — запад,	В — восток,
ЗСЗ — западо-северо-запад,	ВЮВ — востоко-юго-восток,
СЗ — северо-запад,	ЮВ — юго-восток,
ССЗ — северо-северо-запад,	ЮЮВ — юго-юго-восток.

#### 3.1 Приборы для измерения скорости и направления ветра

Приборы для измерения скорости ветра называются анемометрами, для измерения скорости и направления ветра – анеморумбометрами. Первичными приемниками направления ветра являются флюгарки, свободно вращающиеся вокруг вертикальной оси. Большинство из них с одной

стороны имеют две пластины, расположенные под углом, а с другой – противовес. Приемниками приборов для измерения скорости ветра служат чашечные вертушки, воздушные винты и свободно подвешенные около горизонтальной оси пластины.

Для измерения скорости и направления ветра наибольшее распространение имеют флюгер, анеморумбометры и анемометры.

**Флюгер стационарный** (рис. 3.2). Приемником направления ветра служит двухлопастная флюгарка (8) с противовесом (1). Она укреплена на трубке (7), которая надевается на заостренный конец неподвижной оси (10) и свободно вращается вокруг нее. Для определения направления ветра на неподвижной оси расположена муфта (9) с восемью штифтами, указывающими направление стран света.

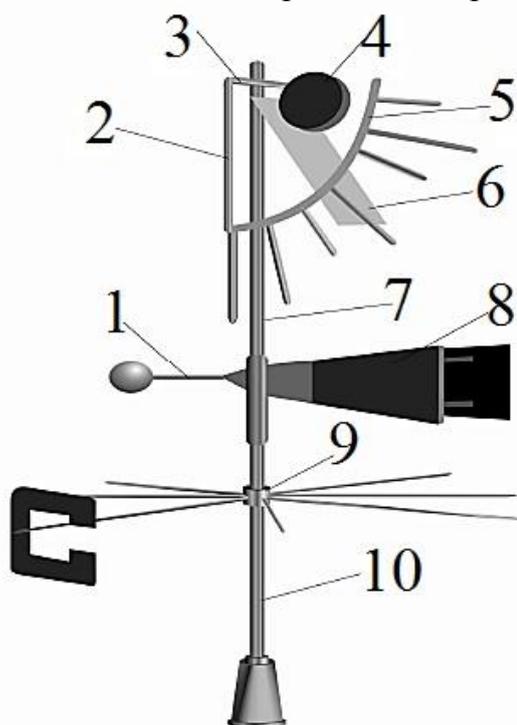


Рисунок 3.2 - Флюгер стационарный

Приемник скорости ветра смонтирован над флюгаркой. Им служит прямоугольная металлическая доска (пластина) (6), свободно качающаяся около горизонтальной оси (3), закрепленной в упорах рамки (2) перпендикулярно флюгарке. Рамка имеет дугу (5) с восемью штифтами, по которым отсчитывают положение доски, отклоняющейся под действием ветра, и противовес (4) для уравнивания дуги. Штифты нумеруются от 0 до 7. Для удобства отсчета четные штифты (0, 2, 4, 6) длиннее нечетных (1, 3, 5, 7). Каждому штифту соответствует определенная скорость ветра.

Флюгеры выпускаются с легкой (200 г) и тяжелой (800 г) досками, они обеспечивают измерение скорости ветра соответственно до 20 и 40 м/с. Для выражения скорости ветра в м/с пользуются градуировочной таблицей (табл. 3.1).

**Установка.** Флюгер устанавливают на открытой площадке на мачте высотой 10 – 12 м от земли или на крыше здания. Высота установки над крышей должна быть не менее 4 м. Штифты для определения направления ветра ориентируют по странам света. Для этого штифт с буквой С устанавливают на астрономический север по полуденной линии или с помощью магнитного компаса.

Таблица 3.1 - Градуировочная таблица флюгеров с легкой и тяжелой доской [2]

Положение доски	Скорость ветра, м/с		Положение доски	Скорость ветра, м/с	
	Легкая доска	Тяжелая доска		Легкая доска	Тяжелая доска
Штифт 0	0	0	Штифт 4	8	16
Между штифтами 0 и 1	1	2	Между штифтами 4 и 5	9	18
Штифт 1	2	4	Штифт 5	10	20
Между штифтами 1 и 2	3	6	Между штифтами 5 и 6	12	24
Штифт 2	4	8	Штифт 6	14	28
Между штифтами 2 и 3	5	10	Между штифтами 6 и 7	17	34
Штифт 3	6	12	Штифт 7	20	40
Между штифтами 3 и 4	7	14	Выше штифта 7	>20	>40

**Измерения.** При определении направления ветра наблюдатель стоит под указателем направления ветра, следит за положением противовеса флюгарки относительно указательных штифтов и отмечает среднее положение противовеса за 2 мин.

Для измерения скорости ветра необходимо несколько отойти от мачты флюгера и стать так, чтобы доска и дуга со штифтами были хорошо видны. Скорость ветра непрерывно изменяется. Поэтому отмечают номер штифта, соответствующего среднему положению доски в течение 2 мин. После этого скорость ветра по номеру штифта переводят в м/с (в соответствии с таблицей 3.1). Например, во время измерений доска (легкая) находилась около третьего штифта, значит скорость ветра была 6 м/с.

Измерения по флюгеру позволяют определить характер ветра (ровный, порывистый, меняющий свое направление) и максимальную скорость. При скоростях ветра больше 10 м/с измерения производят по флюгеру с тяжелой доской. При этом записывают среднее и верхнее положение доски, куда она доходила в течение 2 мин.

**Анемометр ручной чашечный МС-13** (рис. 3.3) служит для измерения скорости ветра за небольшие промежутки времени (обычно 10 мин) в пределах от 1 до 20 м/с. Его широко применяют при экспедиционных наблюдениях.

Чувствительным элементом анемометра является вертушка (1) с четырьмя полушариями, обращенными выпуклостями в одну сторону. Вертушка насажена на ось (3). В нижней части ось имеет червячную (винтовую) нарезку (5), соприкасающуюся с зубчатым колесом, которое передает вращение вертушки счетному механизму. Счетный механизм помещен в корпусе (4) и представляет собой систему зубчатых колес, связанных с тремя стрелками, которые при вращении вертушки перемещаются по трем шкалам.

Центральная шкала имеет 100 делений. По этой шкале отсчитывают десятки и единицы оборотов. Малые шкалы имеют по 10 делений и служат для отсчета сотен и тысяч оборотов. При полном обороте стрелки по

большой шкале стрелка на шкале «сотни» поворачивается на одно деление и т. д.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца 7. Движением арретира вверх (против часовой стрелки) счетчик анемометра включают, а движением вниз (по часовой стрелке) – выключают.

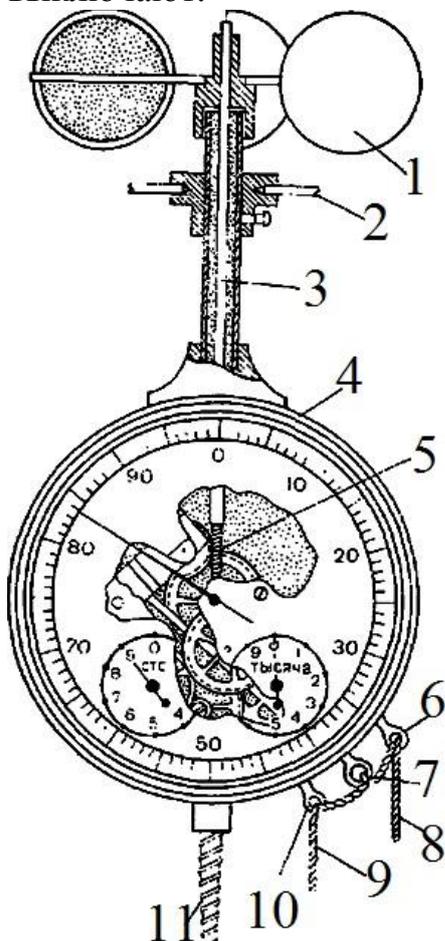


Рисунок 3.3 - Анемометр ручной чашечный МС-13

В корпусе прибора по обе стороны арретира ввинчены два ушка (6) и (10), через которые протягиваются концы шнура (8), (9), прикрепленного к кольцу (7) для включения и выключения прибора, когда его нельзя достать рукой. От механических повреждений вертушка защищена металлическими дужками (2) (на рисунке показано место крепления их). В нижней части корпуса имеется винт (11) для установки анемометра на столбе.

**Установка.** Ручной анемометр устанавливают на столбе нужной высоты, ввинчивая винт (11) в верхушку столба, или держат на вытянутой руке плоской поверхностью корпуса параллельно направлению ветра, шкальной стороной к наблюдателю

**Измерения.** Перед измерением при выключенном счетчике записывают начальные показания, т. е. положение всех трех стрелок (тысячи, сотни, десятки, единицы), устанавливают анемометр на заданной высоте и через 20 – 30 с, когда скорость вращения вертушки установится, счетчик анемометра включают.

Через определенное время (на практике чаще всего через 10 мин после включения) счетчик выключают и записывают новые показания прибора (тысячи, сотни, десятки, единицы) и время работы прибора в секундах. Секундомер включают и выключают одновременно с арретиром анемометра.

По разности показаний счетчика, деленной на время работы прибора, определяют среднее число делений счетчика в 1 с. Для выражения средней скорости ветра в м/с пользуются поверочным свидетельством данного прибора, в котором имеется градуировочный график или таблица.

Между наблюдениями анемометр хранится в футляре с выключенным механизмом.

Для измерения скорости ветра также может быть использован

анемометр ручной индукционный АРИ-49, который имеет шкалу, градуированную в м/с. Пределы измерения от 2 до 30 м/с.

### 3.2 Повторяемость направлений ветра и штилей

Для характеристики ветрового режима местности могут быть необходимы сведения о преимущественном направлении ветра. Для этого вычисляют повторяемость по каждому румбу, выражая ее или числом случаев, соответствующих данному румбу, или в процентах от общего числа случаев всех направлений. Для наглядного представления о распределении различных направлений ветра за соответствующий период времени (месяц, сезон, год) используют графическое изображение, получившее название розы ветров.

Для построения розы ветров из одной точки по направлению основных восьми румбов откладывают отрезки, соответствующие повторяемости направления ветра (%) данного румба в выбранном масштабе.

Полученные точки на румбах соединяют прямыми линиями (рис. 3.4). В центре розы ветров показывают число штилей. Анализируя розу ветров, можно сделать вывод, что в данном случае промышленные предприятия и фермы лучше располагать с южной или северо-восточной стороны от населенных пунктов, лесные полосы – в направлении с севера на юг и т. д.

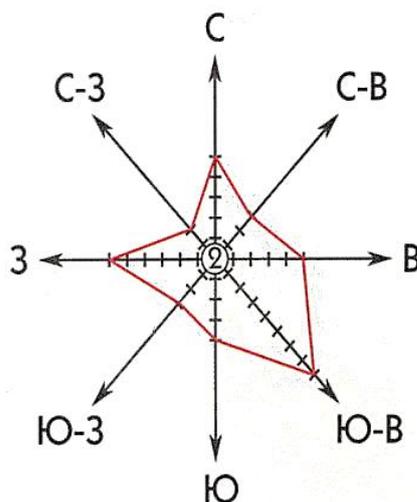


Рисунок 3.4 – Пример построения розы ветров

#### Задания:

1. Изучить устройство и установку стационарного флюгера, ручного анемометра со счетным механизмом и правила измерений по ним.
2. Измерить скорость ветра ручным анемометром на защищенном и открытом участках.
3. Построить розы ветров по данным метеорологической станции и сделать их анализ.

## 4 Измерение температуры почвы и воздуха

Температура воздуха является одной из основных термодинамических характеристик атмосферы. Нижние слои атмосферы нагреваются и охлаждаются больше всего путём радиационного и нерадационного обмена теплом с верхними слоями почвы и воды. Поэтому температуры в нижних слоях атмосферы прежде всего определяются изменениями температуры подстилающей поверхности и следуют за этими изменениями. Подстилающая поверхность – это поверхность земли, т.е. почвы, растительности, снега, льда и т.д., которая, непосредственно взаимодействуя с атмосферой, поглощает солнечную и атмосферную радиацию и излучает её в атмосферу, участвуя в процессах тепло- и влагообмена и регулируя термический режим почвы.

Температура по международной практической температурной шкале (МПТШ-68) измеряется в градусах Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Градус температурной шкалы Цельсия составляет 1/100 интервала между точками таяния льда ( $0^{\circ}\text{C}$ ) и кипения воды ( $100^{\circ}\text{C}$ ). МПТШ-68 позволяет пользоваться как температурой  $T$  Кельвина (К), так и температурой  $t$  Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ). Связь между этими температурами определяется соотношением:  $t = T - 273,15 \text{ К}$ .

### 4.1 Измерение температуры воздуха

Для измерения температуры воздуха применяют термометры – психрометрический, максимальный и минимальный. Для непрерывной регистрации температуры воздуха служит термограф.

**Психрометрический термометр ТМ-4** ртутный, с шаровидным резервуаром и металлическим колпачком в верхней части, цена делений  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

При температуре воздуха ниже  $-35^{\circ}\text{C}$  используют низкоградусный спиртовой термометр ТМ-9 с цилиндрическим резервуаром. Устанавливают его рядом с психрометрическим и начинают одновременные измерения для определения дополнительной поправки к спиртовому термометру при температуре воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Психрометрические термометры применяются в паре и составляют стационарный психрометр, который служит для измерения температуры и влажности воздуха.

**Установка.** Термометры для измерения температуры воздуха устанавливают в защитной психрометрической будке БП-1.

Стенки психрометрической будки состоят из двойных жалюзи, расположенных одна над другой на расстоянии 25 мм под углом  $45^{\circ}$  к горизонтальной плоскости. Жалюзийные стенки защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха. Одна из жалюзийных стенок укреплена на петлях и открывается (дверца). Потолок будки сплошной, но для уменьшения нагревания над потолком укреплена крыша, имеющая небольшой наклон.

Дно будки состоит из трех досок. Средняя доска укреплена немного выше крайних и перекрывает зазор между ними

Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время измерений на термометры не падали солнечные лучи, и укрепляется на подставке высотой 175 см. Для удобства отсчетов около будки устанавливают лесенку. Для уменьшения нагрева будку, подставку и лесенку окрашивают в белый цвет.

Внутри будки к средней доске прикреплен штатив (1) (рис. 4.1), на котором устанавливают вертикально гигрометр (4) и два психрометрических термометра: слева – сухой (2), по которому отсчитывают температуру воздуха, справа – смоченный (3), резервуар смоченного термометра обернут батистом, а батист опущен в стаканчик (7) с дистиллированной водой. Максимальный (5) и минимальный (6) термометры располагают резервуарами к востоку на особые дугообразные лапки, прикрепленные к нижней перекладине штатива; на верхнюю пару лапок кладут с небольшим наклоном в сторону резервуара максимальный термометр, на нижнюю – минимальный (горизонтально).

**Измерения.** На время измерений открывают дверцу будки и по возможности быстро отсчитывают показания термометров с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$  в таком порядке: сухой, смоченный, минимальный (спирт), максимальный, минимальный (штифт). После этого максимальный термометр встряхивают, а штифт минимального термометра подводят к мениску спирта. Для большей точности по всем термометрам вначале отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы.

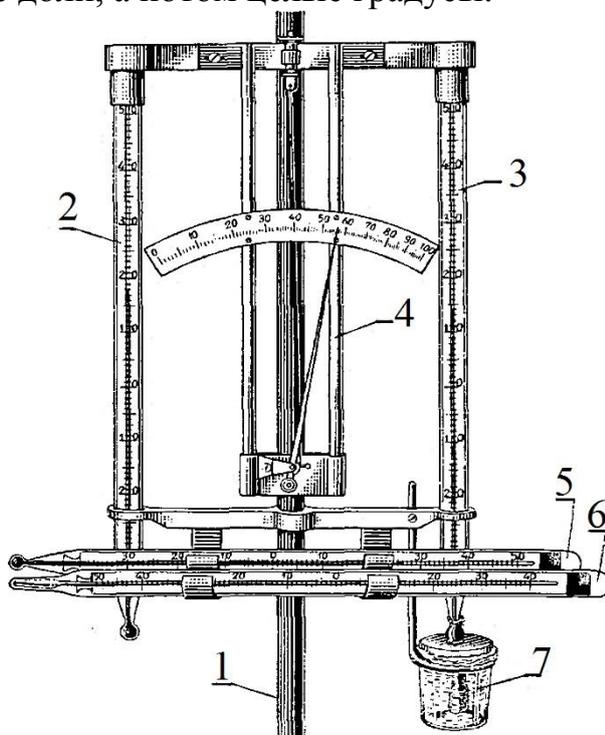


Рисунок 4.1 - Установка приборов в психрометрической будке

**Максимальный термометр ТМ-1** служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры за период между сроками

наблюдений. Максимальный термометр ртутный с цилиндрическим резервуаром. Цена деления шкалы  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Рабочее положение термометра горизонтальное (резервуар слегка опущен). Максимальные показания термометра сохраняются благодаря наличию штифта (2), укрепленного ко дну резервуара (1), создающего сужение при выходе из резервуара в капилляр (3) (рис. 4.2). При повышении температуры ртуть из резервуара поднимается по капилляру за счет силы расширения ртути, которая превышает силы трения в месте сужения. При понижении температуры ртуть из капилляра не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно больше сил молекулярного сцепления. В результате этого в месте сужения происходит разрыв ртути и таким образом фиксируется максимальное значение температуры за данный промежуток времени.

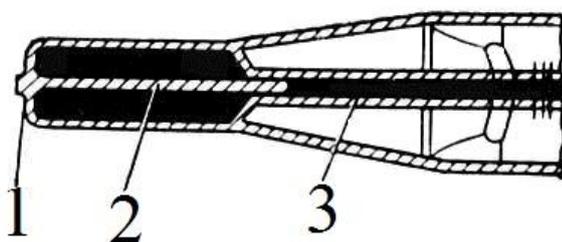


Рисунок 4.2 - Приспособление для сохранения максимальных показаний термометра

**Минимальный термометр ТМ-2** применяют для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений. Это термометр спиртовой с ценой деления  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Рабочее положение горизонтальное. Резервуар термометра цилиндрический или в виде вилки. Минимальные показания термометра определяют по находящемуся в капилляре (1) внутри спирта легкому штифту (2), изготовленному из темного стекла с утолщениями на концах (в соответствии с рисунком 4.3).

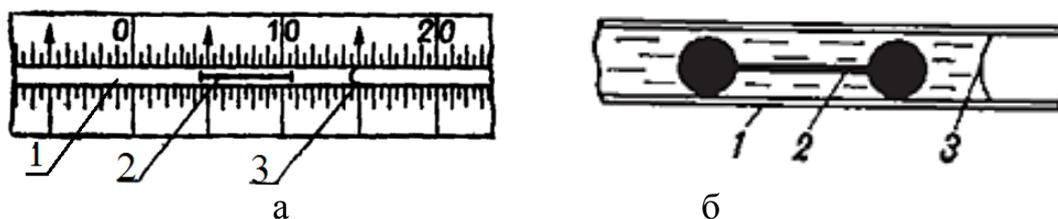


Рисунок 4.3 Устройство минимального термометра

*а – фрагмент минимального термометра со шкалой*

*б - фрагмент минимального термометра в увеличенном виде*

При подъеме резервуара термометра штифт свободно перемещается в спирте, но не выходит из него, так как не может прорвать поверхностную пленку, ограничивающую мениск спирта (3).

Штифт подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше сил расширения спирта и меньше сил поверхностного натяжения пленки. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь,

свободно обтекает штифт, а при понижении ее после соприкосновения поверхностной пленки со штифтиком последний перемещается вместе со спиртом в сторону резервуара. Двигается он до тех пор, пока температура понижается. При повышении температуры движение его прекращается. Поэтому положение штифта дает возможность измерить минимальную температуру между сроками наблюдений. Отсчет берут по концу штифтика, противоположному резервуару.

**Термограф М-16А** (рис. 4.4) служит для непрерывной записи изменений температуры воздуха во времени воздуха с погрешностью  $\pm 1^\circ\text{C}$  в одном из следующих диапазонов: от  $-45$  до  $35^\circ\text{C}$ ; от  $-35$  до  $45^\circ\text{C}$ ; от  $-25$  до  $55^\circ\text{C}$ .

Принцип действия термографа основан на свойстве биметаллической пластинки (1) изменять радиус изгиба при изменении температуры воздуха. Деформация биметаллической пластинки с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером по диаграммному бланку, закрепленному на барабане (2), вращаемом часовым механизмом.

С помощью передаточного механизма деформация пластины преобразуется в перемещение стрелки с пером (при повышении температуры воздуха стрелка перемещается вверх, при понижении температуры воздуха — вниз).

Перо, надетое на конец стрелки, производит запись на диаграммном бланке, закрепленном на барабане. Барабан вращается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма, помещенного внутри него, и обеспечивает равномерное перемещение диаграммного бланка. В зависимости от скорости вращения барабана термографы делятся на суточные и недельные: у суточных продолжительность оборота 26 ч, а у недельных 176 ч.



Рисунок 4.4 - Термограф метеорологический М-16АС

Основная плата прибора, на которой смонтированы все его узлы и механизмы, помещена в пластмассовый корпус с откидной крышкой (3). Биметаллическая пластина выведена наружу и предохраняется защитными дугами (4).

Термограф снабжен отметчиком времени (5), дающим возможность нанесения пером на диаграммном бланке отметок времени наблюдений в виде вертикально расположенных засечек, пересекающих кривую записи. Отметку времени производят, не открывая крышку прибора, легким нажимом на кнопку отметчика времени, выведенную наружу корпуса прибора.

Перо заполняется специальными чернилами с примесью глицерина. Поэтому они медленно сохнут и не замерзают.

Диаграммный бланк разделен по вертикали горизонтальными параллельными линиями на деления, соответствующие  $1^{\circ}\text{C}$ , а по горизонтали - вертикальными дугообразными линиями на деления, соответствующие 15 мин времени оборота барабана. Цифры в верхней части бланка соответствуют часам суток.

Устройство регистрирующей части термографа аналогично устройству регистрирующей части барографа.

Установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка (перевод пера вверх или вниз) осуществляется установочным винтом (6).

**Установка.** Термограф устанавливают на нижней полке защитной будки БС-1, отличающейся от психрометрической только своими размерами. Полка укреплена так, чтобы приемник термографа находился на высоте 2 м от поверхности земли. Защитная будка располагается на расстоянии 4 – 5 м к востоку от психрометрической.

Перед установкой термографа часовой механизм с помощью ключа заводят до отказа, на барабан накладывают ленту и закрепляют лентодержателем. В таком виде барабан надевают на неподвижную ось корпуса и к нему поворотом арретира подводят стрелку с пером. Перо на ленте должно показывать время и температуру воздуха в данный момент. Установку пера на время производят поворотом барабана вокруг неподвижной оси, а на температуру – изменением положения биметаллической пластинки с помощью винта (6). После этого крышку термографа закрывают.

Термограф – прибор относительный. Показания его сравнивают с показаниями психрометрического (сухого) термометра. Для этого в срочные наблюдения на ленте делают засечки легким подъемом пера с помощью нажима кнопки.

При смене лент на лицевой стороне снятой ленты отмечают фактическое время окончания записи, а на новой ленте – фактическое время начала записи. Кроме того, на обратной стороне ленты записывают название станции, номер прибора, дату наложения и снятия ленты (год, число, месяц) и время начала и конца записи с точностью до 1 мин. Смену лент производят в срок, ближайший к 13 ч декретного времени данного часового пояса.

## 4.2 Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы используются жидкостные термометры: срочный, максимальный и минимальный.

**Срочный термометр ТМ-3** применяется для измерения температуры поверхности почвы в данный момент (срок). Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром. Деления на его шкале нанесены через  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

Летом при высоких температурах почвы минимальный термометр может выйти из строя, поэтому на день его убирают, предварительно отсчитав показания по спирту и штифту.

**Установка.** На метеорологических станциях и постах термометры для измерения температуры поверхности почвы устанавливают на открытой площадке размером  $4 \times 6$  м. Предварительно с площадки удаляют растительный покров и взрыхляют ее. Все три термометра размещают в середине площадки резервуарами на восток, на расстоянии  $10 - 15$  см друг от друга в небольших углублениях, сделанных легким вдавливанием термометров в почву, чтобы резервуары и наружная оболочка термометров были наполовину углублены в почву и резервуары плотно прикоснулись к почве. Срочный и минимальный термометры устанавливают горизонтально, а максимальный – с небольшим уклоном в сторону резервуара, чтобы ртуть в капилляре не отходила от резервуара.

Перед установкой в минимальном термометре штифт подводят к мениску спирта поворотом термометра резервуаром вверх, а максимальный термометр встряхивают. После встряхивания показания термометра должны быть близкими к показаниям срочного. Чтобы не уплотнять почву около термометров, для подхода к ним во время измерений с северной стороны кладут реечный настил.

**Измерения.** Отсчеты производят с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Вначале отсчитывают показания срочного термометра, затем минимального и максимального.

По минимальному термометру для проверки его исправности сначала отсчитывают показание мениска спирта (оно должно быть близко к показанию срочного термометра), а затем штифта, дающего минимальную температуру между сроками наблюдений. На рисунке 4.3 (а) показания мениска спирта соответствуют  $15,0^{\circ}\text{C}$ , а штифта  $10,5^{\circ}\text{C}$ . После измерения, приподняв резервуар термометра, штифт подводят к мениску спирта и термометр кладут на прежнее место.

Максимальный термометр после отсчета и записи показаний встряхивают, после встряхивания делают повторный отсчет и термометр кладут на прежнее место.

При обработке в показания минимального термометра наряду со шкаловой поправкой вводят еще добавочную поправку, представляющую собой осредненную за месяц разность между показаниями спирта минимального термометра и срочного ртутного термометра.

### 4.3 Измерение температуры почвы на глубинах

Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяют коленчатые термометры, вытяжные термометры или установку М-54-2 и термометры-щупы.

**Коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5** предназначены для измерения температуры почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15, 20 см (пахотного слоя). В комплект входят четыре термометра, отличающиеся по длине нижней части. Коленчатые термометры ртутные с ценой деления  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Резервуары термометров цилиндрические. Несколько выше резервуара термометры изогнуты под углом  $135^{\circ}$  (рисунок 4.5).

Нижняя часть стеклянной защитной оболочки от резервуара до начала шкалы заполнена теплоизоляционным материалом, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и тем самым обеспечивает более точное измерение температуры на той глубине, на которой установлен резервуар.

**Установка.** Коленчатые термометры устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы. Выступающие из почвы части термометров располагают с востока на запад в порядке возрастания глубин на расстоянии около 10 см друг от друга.

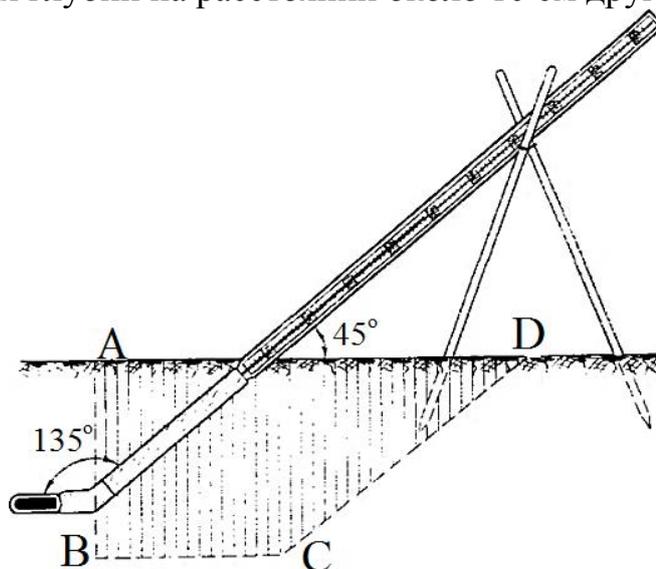


Рисунок 4.5 - Установка коленчатых термометров

Для установки коленчатых термометров выкапывают траншею в виде трапеции  $ABCD$  (рис. 4.5). Направление ее не точно по линии восток – запад, а с отклонением от этой линии к северу примерно на  $30^{\circ}$ . Одна сторона  $AB$  траншеи отвесная. В ней на заданной глубине делают углубления, параллельные поверхности почвы. В эти углубления вдавливают резервуары термометров до самого изгиба. Для контроля установки проверяют угол наклона выступающей части термометров к поверхности почвы. Этот угол должен быть равен  $45^{\circ}$ . Затем траншею засыпают землей, сохраняя

последовательность вынутых пластов, и для устойчивости выступающую часть термометров подпирают рогаткой.

Отсчеты по термометрам производят с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

**Вытяжные термометры ТПВ-50** предназначены для измерений температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см.

На каждой глубине применяют ртутный термометр с ценой деления  $0,2^{\circ}\text{C}$  (рис. 4.6). Термометр (1) помещают в специальную оправу (2) с металлическим колпачком (3). Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка заполнено медными опилками. Оправа с термометром крепится на деревянном шесте (4), длина которого зависит от глубины установки термометра. Шест заканчивается колпачком (5) с кольцом (6).

Деревянный шест с укрепленным на нем термометром в оправе опускают в пластмассовую или эбонитовую трубу (7), имеющую на нижнем конце металлический колпачок (8). Такие трубы, обладающие плохой теплопроводностью, сводят к минимуму обмен теплом между верхними слоями почвы и термометром. Резервуар термометра воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический колпачок.

При опускании термометра в трубу нужно рассчитать, чтобы он только слегка касался доньшка металлического колпачка. Основной упор термометра должен приходиться на колпачок, который одновременно закрывает трубу сверху. Часть трубы, погруженная в землю, окрашивается обычно в зеленый цвет, а выступающая над почвой часть – в белый.

**Установка.** Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом на расстоянии 3 – 4 м к востоку от коленчатых термометров. С помощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы в один ряд через 50 см в направлении с востока на запад по возрастающей глубине.

Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 50 – 100 см во избежание заноса их снегом в зимний период. После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального откидного помоста, расположенного с северной стороны от термометров на расстоянии 30 см, на одном уровне с верхним концом труб. В период между измерениями помост должен находиться в вертикальном положении.

**Измерения.** Термометр вынимают из трубы за кольцо и быстро отсчитывают показания. Рекомендуется в начале отсчитать десятые доли, а потом целые градусы. Отсчеты по термометрам, расположенным на глубине 80 см и более; производят только один раз в сутки, так как с этой глубины суточные колебания температур затухают. В показания термометров вводят шкаловые поправки.

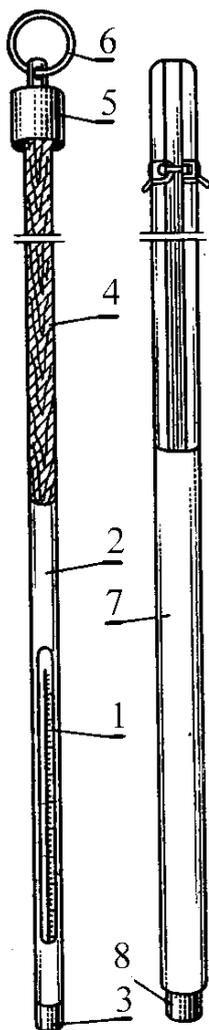


Рисунок 4.6 –  
Устройство  
вытяжного  
термометра

### Задания:

1. Изучить устройство термометров для измерения температуры поверхности почвы (срочный ТМ-3, максимальный ТМ-1, минимальный ТМ-2), правила установки, измерений и обработки данных.

2. Изучить устройство термометров для измерения температуры почвы на различных глубинах в стационарных и полевых условиях (коленчатые термометры ТМ-5, вытяжные термометры ПТВ-50), правила установки, измерений и обработки данных.

3. Изучить термометры для измерения температуры воздуха (психрометрический ТМ-4, максимальный, минимальный), термограф для непрерывной записи изменений температуры, правила установки, измерений и обработки данных.

4. Построить графики суточного и годового хода температуры воздуха, температуры поверхности почвы и на глубинах 20 и 80 см по данным наблюдений метеостанции<sup>1</sup>. По графикам суточного и годового хода определить время наступления максимума и минимума, суточную и годовую амплитуду колебания температуры. По графику годового хода температуры воздуха определить даты перехода температуры через 0, 5, 10, 15°C и продолжительность периодов с температурой выше 0, 5, 10, 15°C.

#### <sup>1</sup> Примечание

Графики лучше всего строить на миллиметровой бумаге. По оси на графике суточного хода откладывают часы (1 ч - 5 мм), на графике хода – месяцы (1 месяц - 10 мм), по оси ординат – температуру (1°C - 10 мм). На каждом графике получится четыре кривые, соответствующие ходу температуры воздуха и почвы. Для большей наглядности их рекомендуется вычерчивать разным цветом.

## 5 Измерение влажности воздуха

Содержание водяного пара, находящегося в атмосфере, характеризуется влажностью воздуха. Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу путём испарения с водных поверхностей и влажной почвы, а также в результате транспирации растениями, при этом в разных местах и в разное время он поступает в различных количествах. От земной поверхности водяной пар распространяется вверх, а воздушными течениями переносится из одних мест Земли в другие. С водяным паром и его переходами из газообразного состояние в жидкое и твёрдое связаны важнейшие процессы погодо- и климатообразования.

### 5.1 Определение величин влажности воздуха

Для оценки влажности воздуха на практике используют абсолютную влажность, парциальное давление водяного пара, относительную влажность, дефицит насыщения, точку росы.

**Абсолютная влажность  $a$**  – масса водяного пара, содержащаяся в единице объема воздуха. Выражается она в  $\text{кг}/\text{м}^3$  или  $\text{г}/\text{м}^3$ .

**Парциальное давление водяного пара  $e$**  – давление, которое имел бы водяной пар, содержащийся в газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при той же температуре. Парциальное давление водяного пара выражается в гектопаскалях (гПа):  $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}$

Между абсолютной влажностью  $a$  и парциальным давлением водяного пара  $e$  существует зависимость:

$$\alpha = \frac{0,86e}{1 + at} \quad (5.1)$$

где  $a$  – коэффициент объемного расширения газа ( $1/273$ ).

Парциальное давление водяного пара может возрасть до определенного предела, который соответствует парциальному давлению водяного пара, находящегося в равновесии с плоской поверхностью воды, и называется **давлением насыщенного водяного пара  $E$** . Вычисленные значения давления насыщенного водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда для различных температур воздуха даны в психометрических таблицах.

**Относительная влажность  $f$**  – отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного водяного пара при одних и тех же значениях давления и температуры, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100 \quad (5.2)$$

**Дефицит насыщения**  $d$  – разность между давлением насыщенного водяного пара и парциальным давлением водяного пара при одних и тех же значениях давления и температуры:

$$d = E - e. \quad (5.3)$$

**Точка росы**  $t_d$  – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает насыщения относительно плоской поверхности чистой воды или льда ( $e=E$ ). Для определения точки росы использовать психрометрические таблицы. В этом случае по таблицам находят значение температуры, соответствующее парциальному давлению водяного пара.

## 5.2 Методы измерения влажности воздуха

Влажность воздуха может быть измерена несколькими методами. Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы.

**Психрометрический метод** основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от влажности окружающего воздуха. Влажность воздуха определяется по разности показаний двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного. С поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение. Чем суше воздух, тем интенсивнее испарение с резервуара смоченного термометра и тем ниже его показания по сравнению с сухим термометром.

Парциальное давление водяного пара вычисляется по психрометрической формуле. Если на батисте смоченного термометра вода, то используют формулу:

$$e = E'_e - Ap(t - t'), \quad (5.4)$$

если же на батисте лед, то применяют формулу:

$$e = E'_л - Ap(t - t'), \quad (5.5)$$

где  $E_e$  и  $E_л$  – давление насыщенного водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда при температуре смоченного термометра, в гПа;  $p$  – атмосферное давление, в гПа;  $t$  и  $t'$  – температура сухого и смоченного термометров, в °С;  $A$  – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха около резервуара смоченного термометра (для стационарного психрометра  $A = 0,000\ 794\ 7\ ^\circ\text{C}^{-1}$ , для аспирационного психрометра  $A = 0,000\ 662\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

**Гигрометрический метод** измерения влажности воздуха основан на использовании гигроскопических свойств обезжиренного человеческого волоса. При изменении влажности воздуха волос меняет свою длину неравномерно (при пониженной влажности быстрее, чем при повышенной) и не каждый одинаково, поэтому в приборах используют только такой волос, изменение длины которого соответствует определенной закономерности.

### 5.3 Приборы для измерения влажности воздуха

Для измерения влажности воздуха психрометрическим методом служат стационарный и аспирационный психрометры, а гигрометрическим – гигрометры. Для непрерывной регистрации влажности воздуха применяются гигрографы.

**Стационарный психрометр** состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-4 с ценой деления  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Для психрометров подбирают термометры из одной партии изготовления и поверки. Левый термометр психрометра принято называть сухим, правый – смоченным.

**Установка.** Психрометрические термометры помещают на штативе в психрометрической будке. Резервуар смоченного термометра (1) (рис. 5.1) плотно обертывается бати́стом и нижний конец его погружается в стаканчик (2) с дистиллированной водой (для смачивания бати́ста применяется только дистиллированная вода). Стаканчик устанавливается в проволочном кольце (3), закрепленном на штативе винтом (4). Для защиты воды от загрязнения стаканчик закрывается стеклянной или цинковой крышкой с прорезью. Чтобы края стаканчика не мешали обмену воздуха и около резервуара термометра не создавалась повышенная влажность, верхний край стаканчика должен находиться на расстоянии 2 – 3 см от резервуара термометра.

Точность измерения влажности воздуха по психрометру зависит от интенсивности испарения с поверхности бати́ста. Поэтому для получения надежных данных необходимо иметь специальный сорт бати́ста, правильно повязывать его и следить за его чистотой. В психрометрах применяют такой бати́ст, который поднимает воду на 7 – 8 см за 15 мин. Для повязки бати́ста термометр по возможности закрепляют неподвижно (можно вложить в книгу). Затем, подобрав бати́ст соответствующего качества и размера (края бати́ста должны заходить друг на друга не более чем на  $1/4$  окружности резервуара), его смачивают дистиллированной водой и в мокром виде плотно обертывают вокруг резервуара термометра, закрепляя петлями из ниток в двух местах. Петлю крепко затягивают над резервуаром и слабо – под резервуаром, чтобы не нарушать тягу воды. Загрязненный бати́ст плохо тянет воду, поэтому бати́ст следует менять не реже двух раз в месяц.

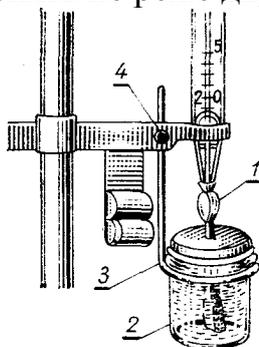


Рисунок 5.1 - Смоченный термометр и психрометрический стаканчик

**Измерения.** Батист термометра должен быть хорошо смочен. Поэтому необходимо следить, чтобы стаканчик всегда был наполнен водой до кольцевого ободка. В жаркую и сухую погоду рекомендуется за 10 – 15 мин до отсчета стаканчик с открытой крышкой приподнять и погрузить в него резервуар смоченного термометра, затем закрыть стаканчик и поставить на прежнее место.

С наступлением заморозков батист обрезают на 0,2 – 0,3 см ниже термометра и стаканчик с водой убирают из будки. Смачивают батист за 30 мин до отсчета водой комнатной температуры, погружая резервуар смоченного термометра в стаканчик. Стаканчик убирают после того, как температура смоченного термометра повысится на 2 – 3°С выше 0°С. Это означает, что старая ледяная корка на батисте растаяла.

Отсчеты производят быстро, причем сначала отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы сухого и смоченного термометров. Надежные данные влажности воздуха по психрометрам получают при температуре до – 10°С.

Вычисление характеристик влажности воздуха производят по показаниям сухого и смоченного термометров. Парциальное давление водяного пара вычисляют по психрометрическим формулам (5.4) или (5.5), относительную влажность – по формуле (5.2), дефицит насыщения – по формуле (5.3), точку росы – по психрометрическим таблицам.

Парциальное давление водяного пара и дефицит насыщения вычисляют с точностью до 0,1 гПа, а при отрицательной температуре – до 0,01 гПа, относительную влажность – с точностью до 1 %.

Психрометрические таблицы содержат семь таблиц, основной из них является таблица 2, в которой приведены температуры сухого и смоченного термометров с соответствующими им величинами влажности воздуха.

При определении величин влажности воздуха с помощью психрометрических таблиц выбирают графу, соответствующую температуре сухого термометра, и в горизонтальной строке против значения температуры смоченного термометра находят величины влажности воздуха:  $t_d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $d$ .

**Аспирационный психрометр МВ-4М** очень удобен для измерения влажности воздуха в походных условиях. По принципу действия он аналогичен стационарному.

Аспирационный психрометр (рис. 5.2) состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-6 (1) и (2) с резервуарами цилиндрической формы.

Резервуар термометра (2) (смоченного) обвязан батистом, обрезанным непосредственно под резервуаром. Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки (9), переходящей в тройник, и защитных планок (4). К тройнику с помощью изоляционных пластмассовых втулок (9, 10) присоединены двойные трубки (5, 6) и (11, 12), в которых находятся резервуары термометров. Чтобы уменьшить теплопередачу от наружных трубок, внутренние трубки в верхней части опираются на наружные через изоляционные кольца.

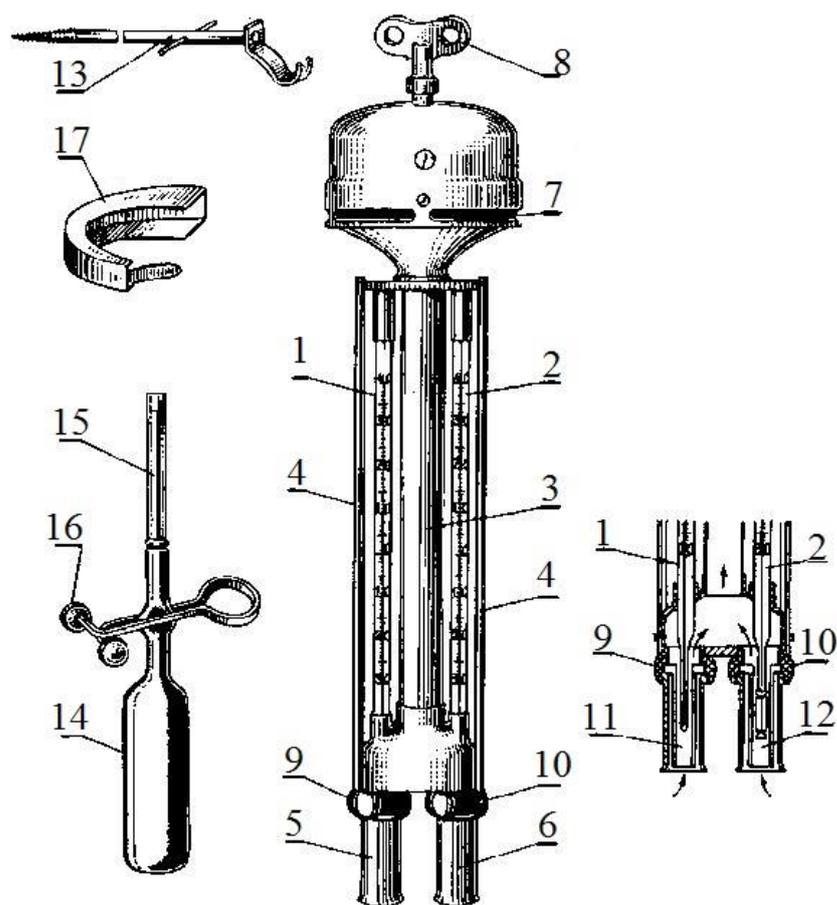


Рисунок 5.2 - Аспирационный психрометр МВ-4М

Двойные трубки обеспечивают защиту резервуаров от нагревания солнечными лучами.

Верхний конец трубки (3) соединен с головкой аспиратора (7), обеспечивающего всасывание наружного воздуха и обтекание его вокруг резервуаров термометров со скоростью 2 м/с. Пружина аспиратора заводится ключом (8). Для лучшего отражения солнечных лучей металлические части прибора никелированы. Благодаря изоляции резервуаров термометров от корпуса, хорошей никелировке его металлических поверхностей и постоянной скорости движения воздуха аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты от действия солнечных лучей и ветра. Лишь при больших скоростях ветра за счет затруднения выброса воздуха нарушается скорость аспирации. Для устранения этого влияния применяют ветровую защиту (17), которую надевают с наветренной стороны на головку аспиратора.

Смачивание батиста производится из резиновой груши (14) со стеклянной пипеткой (15) и зажимом (16); груша наполняется дистиллированной водой. Для установки психрометра прилагается крюк-подвес (13).

При работе с аспирационным психрометром необходимо следить за сохранностью его никелировки, исправностью аспиратора и трубок,

предохраняющих резервуары. После наблюдений прибор следует протирать замшей или чистой тряпкой и хранить в футляре.

Для правильной работы психрометра необходимо следить за чистотой батиста и менять его по мере загрязнения.

**Установка.** В стационарных условиях прибор подвешивают на специальном столбе (резервуары термометров должны находиться на высоте 2 м) с наветренной стороны. Наблюдатель при измерении должен подходить с подветренной стороны, т. е. так, чтобы ветер был направлен от прибора к наблюдателю. В полевых условиях психрометр подвешивают на тонком шесте, закрепленном в почве, или кладут горизонтально на специальную подставку.

При горизонтальной установке прибора необходимо следить, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на резервуары термометров. При скорости ветра более 3 м/с во время наблюдений на аспиратор надевают с наветренной стороны защиту.

Высота установки психрометра среди растений может быть различной и зависит от цели наблюдений.

**Измерения.** Аспирационный психрометр выносят на место измерений зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до начала наблюдений, смачивают батист дистиллированной водой из резиновой груши зимой за 30 мин, летом за 4 мин до отсчета. Для смачивания, ослабив зажим (16), поднимают воду из груши в стеклянную пипетку (15) до указанной на ней черты и осторожно вводят пипетку на 3 – 5 с в трубку, в которой находится резервуар смоченного термометра. Затем воду из пипетки опускают и пипетку вынимают из трубки. После этого ключом (8) заводят до отказа пружину аспиратора. Так как во время отсчета аспиратор должен работать полным ходом, то зимой (за 4 мин до отсчета) пружину аспиратора заводят вторично. Отсчеты производят быстро. Сначала отсчитывают десятые доли сухого и смоченного термометров, а потом целые градусы.

Вычисление величин влажности воздуха по показаниям аспирационного психрометра выполняется так же, как и по показаниям стационарного. Только при определении парциального давления водяного пара в психрометрических формулах (5.4) или (5.5) подставляют психрометрический коэффициент  $A = 0,000662$ . Относительную влажность и дефицит насыщения рассчитывают по формулам (5.2), (5.3), а точку росы определяют по психрометрическим таблицам.

В психрометрических таблицах величины влажности воздуха по данным аспирационного психрометра определяются так же, как и по данным стационарного.

**Волосной гигрометр МВ-1** применяется для измерения относительной влажности воздуха. При температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  он является основным прибором для измерений влажности воздуха.

Приемной частью гигрометра (рис. 5.3) служит обезжиренный человеческий волос (1), натянутый на металлическую раму (2). Верхний конец его закреплен в хвостовике регулировочного винта с контргайкой, а

нижний связан со стрелкой (3). Под действием изменения длины волоса и грузика, поддерживающего волос в натянутом состоянии, стрелка вместе с осью поворачивается и фиксирует изменения относительной влажности воздуха на шкале (4) с делениями от 0 до 100 % (цена одного деления 1 %). Так как волос меняет свою длину с изменением влажности неравномерно, то и деления на шкале имеют неравные промежутки: в начале шкалы они больше, чем в конце.

**Установка.** Волосной гигрометр устанавливают на штативе в психрометрической будке между сухим и смоченным термометрами. Перед подготовкой гигрометра к работе стрелку устанавливают соответственно показаниям психрометра. Для этого освобождают контргайку и поворотом регулировочного винта перемещают стрелку на заданное деление.

После этого регулировочный винт снова закрепляют контргайкой. Регулировка гигрометра производится только при высокой влажности воздуха (больше 70 %).

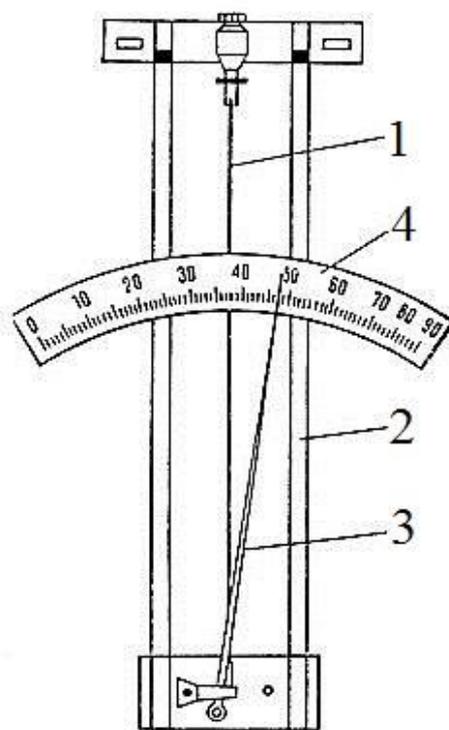


Рисунок 5.3 - Волосной гигрометр МВ-1

Измерения производят с точностью до 1 %. Для контроля исправности прибора стрелку отводят немного влево. Если стрелка возвращается в первоначальное положение, прибор работает нормально.

**Гигрограф волосной М-21А** (рис. 5.4) применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха. Приемником влажности является пучок (35 – 50 штук) обезжиренных человеческих волос (6), закрепленный в крючке (9) и концами в двух эбонитовых втулках металлического кронштейна (7), расположенного с внешней стороны корпуса прибора и закрытый защитой (5). Запись изменений влажности воздуха осуществляется на ленте, закрепленной на барабане с часовым механизмом

внутри. Барабан надевается на неподвижный стержень (1) с зубчатым колесом у основания.

В зависимости от скорости вращения барабана различают суточные и недельные гигрографы. На ленте гигрографа горизонтальные параллельные линии соответствуют относительной влажности воздуха в процентах (наименьшее деление 2%), вертикальные дуги – времени; на суточных лентах одно деление равно 15 мин, а на недельных – 2 ч.

**Установка.** Гигрограф устанавливают в одной защитной будке с термографом на верхней полке. Для подготовки его к работе (или при смене лент) открывают крышку (3), стрелку (2) от барабана отводят с помощью арретира (12), снимают барабан, закрепляют ленту, на обороте которой записывают дату и время установки, название станции, номер прибора, заводят часовой механизм, надевают барабан на неподвижный стержень, прикрепленный к основанию (10) и поворотом арретира подводят перо к барабану.

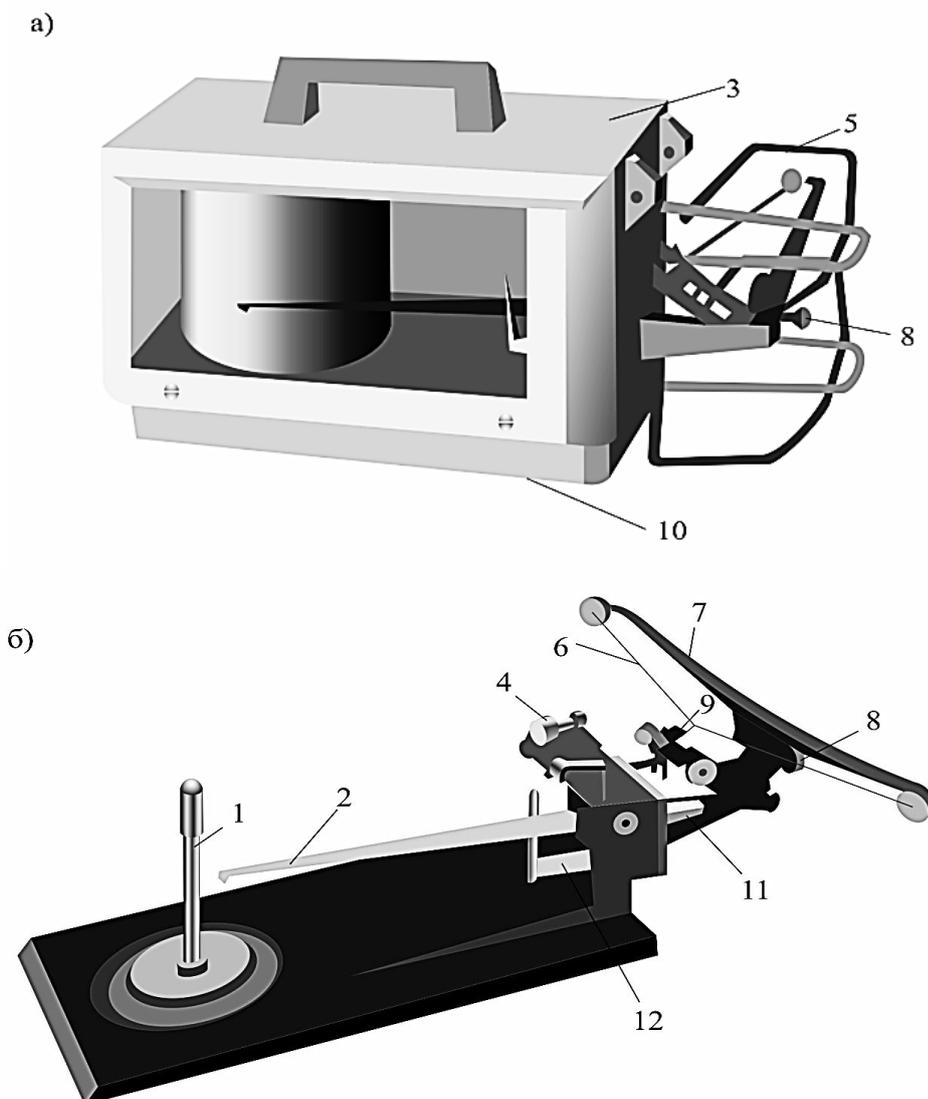


Рисунок 5.4- Гигрограф волосной М-21А  
а — внешний вид, б — механизм гигрографа

Перо должно быть установлено поворотом барабана на время и поворотом винта (8) на влажность, вычисленную по показаниям психрометра. На противоположной стороне механизма установки пера имеется противовес (4).

Иногда на пучке волос гигрографа могут образоваться капельки воды или лед. В этих случаях следует слегка постучать по раме или занести прибор в плохо обогреваемое помещение и дать влаге постепенно обсохнуть.

Гигрограф – относительный прибор. Для введения поправки в его показания в сроки наблюдений по психрометру на ленте гигрографа делают засечки легким подъемом пера с помощью кнопки (11).

В настоящее время наряду с волосными выпускают пленочные гигрометры и гигрографы. Устройство пленочных приборов отличается от волосных тем, что в них приемником служат животные гигроскопические пленки, натянутые на металлические кольца и соединенные с передающим механизмом. Эти приборы на практике пока еще не получили распространения и поэтому здесь не рассматриваются.

#### **Задания:**

1. Изучить устройство, установку и правила наблюдений по стационарному и аспирационному психрометрам. Провести измерение по аспирационному психрометру и вычислить все величины, характеризующие влажность воздуха, по формулам и психрометрическим таблицам.

2. Изучить устройство гигрометра. Построить график сравнения показаний гигрометра и психрометра. По показаниям гигрометра и температуре воздуха определить парциальное давление водяного пара, дефицит насыщения и точку росы (по формулам или психрометрическим таблицам).

3. Изучить устройство гигрографа, подготовить его для наблюдений и освоить обработку ленты гигрографа.

4. Начертить графики суточного и годового хода парциального давления водяного пара и относительной влажности по данным метеорологической станции.

## 6 Измерение атмосферных осадков и высоты снежного покрова

Атмосферные осадки – это вода в жидком и твердом виде, выпадающая на поверхность земли и наземные предметы из облаков (дождь, снег, град, крупа, морось и др.). Осадки имеют важное значение для формирования погоды и климата и являются естественной причиной увлажнения территории.

### 6.1 Приборы для измерения осадков

Измерение количества осадков производится осадкомерами и дождемерами, регистрация изменений количества их во времени – плювиографом.

**Осадкомер Третьякова** является основным прибором для измерения количества жидких и твердых осадков. В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра (осадкомерные сосуды), крышка к ведру, планочная защита, таган для установки ведра и измерительный стакан.

Ведро (3) осадкомера (рис. 6.1) имеет высоту 40 см и площадь приемной поверхности 200 см<sup>2</sup>. Внутри ведра впаяна диафрагма (2) в виде усеченного конуса, отверстие которой для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время закрывается воронкой (1).

С внешней стороны ведра для слива собранных осадков в измерительный стакан припаян носик (5) с колпачком (4). Ведро осадкомера устанавливают в таган, который закреплен неподвижно на металлической подставке (7).

Для уменьшения влияния ветра на количество осадков, попавших в ведро, применяется ветровая защита (6), состоящая из 16 трапециевидных планок.

Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и находятся на одной высоте с верхним краем ведра. Крепятся они за ушки на металлическом кольце, которое с помощью четырех кронштейнов соединено с таганом. Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и соединены между собой внизу и вверху цепочками.

Измерение количества осадков производится измерительным стаканом (9), который представляет собой мензурку с делениями (100 делений). Одно деление стакана по объему равно 2 см<sup>3</sup>. При площади приемной поверхности

200 см<sup>2</sup> это соответствует 0,1 мм осадков ( $\frac{2\text{см}^2}{200\text{см}^2} \cdot 10 = 0,1\text{мм}$ ).

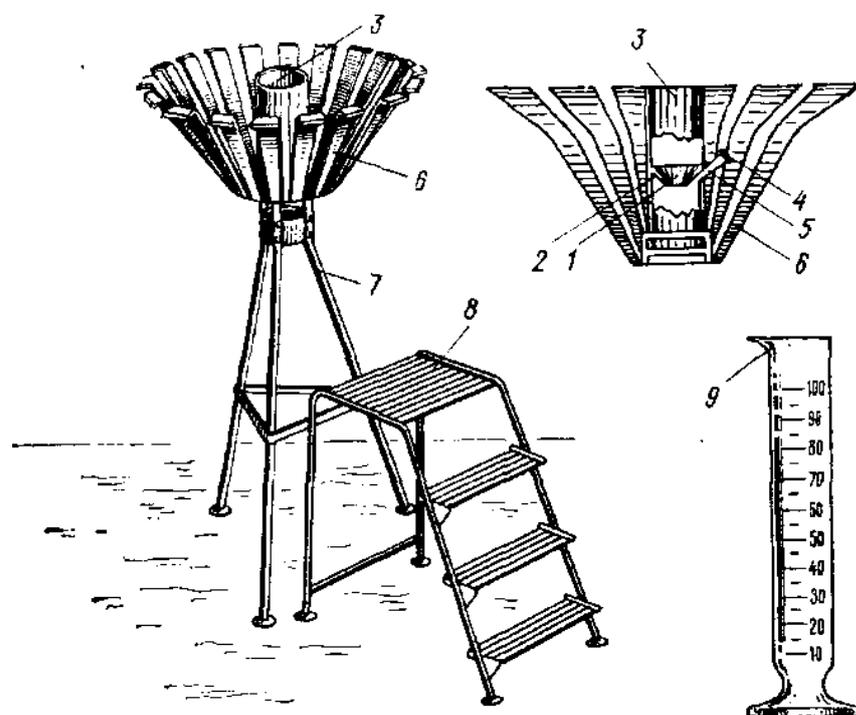


Рисунок 6.1 - Осадкомер Третьякова

**Установка.** Место установки осадкомера должно быть удалено от окружающих предметов на расстояние не менее их трехкратной высоты. Таган укрепляют на металлической подставке (7) так, чтобы верхний край установленного в нем ведра находился на высоте 2 м от поверхности земли. Рядом с подставкой осадкомера находится лесенка (8).

**Измерения.** Во время измерений производят смену ведер (4 раза в сутки). Пустое ведро, закрытое крышкой, выносят из помещения и заменяют им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Снимают с него крышку, закрывают снятое ведро и переносят в помещение, где измеряют количество осадков. Содержащиеся в ведре осадки переливают через носик в измерительный стакан (9), установленный на горизонтальной поверхности, и отсчитывают по положению уровня воды число делений стакана. Измерение количества твердых осадков производят после того, как они полностью растают, при этом ведро должно быть закрыто крышкой. Если осадков окажется более 100 делений стакана, то измеряют их в несколько приемов, записывая число делений каждого измерения и общую сумму. Количество выпавших осадков в миллиметрах соответствует числу делений стакана, уменьшенного в 10 раз.

К результатам измерений вводят поправку на смачивание ведра. Для жидких осадков, количество которых меньше 0,5 деления стакана, поправка составляет +0,1 мм, а для осадков 0,5 деления стакана и больше поправка равна +0,2 мм.

По данным продолжительности выпадения осадков определяют интенсивность их за этот период (мм/мин) [1-3].

**Плювиограф П-2** служит для непрерывной регистрации количества и интенсивности жидких осадков.

Плювиограф (рис. 6.2) состоит из цилиндрического сосуда (1) с приемной площадью 500 см<sup>2</sup>. В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной трубкой, которая вставляется в воронку трубки (2), идущей от поплавковой камеры (3). Осадки через приемное ведро поступают в поплавковую камеру, внутри которой находится полой металлический поплавок (4) со стержнем (5) и стрелкой (6), заканчивающейся пером. Рядом с поплавковой камерой укреплен барабан (9) с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени. Одно горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное – 10 мин. В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд (10), в который сливаются осадки из поплавковой камеры.

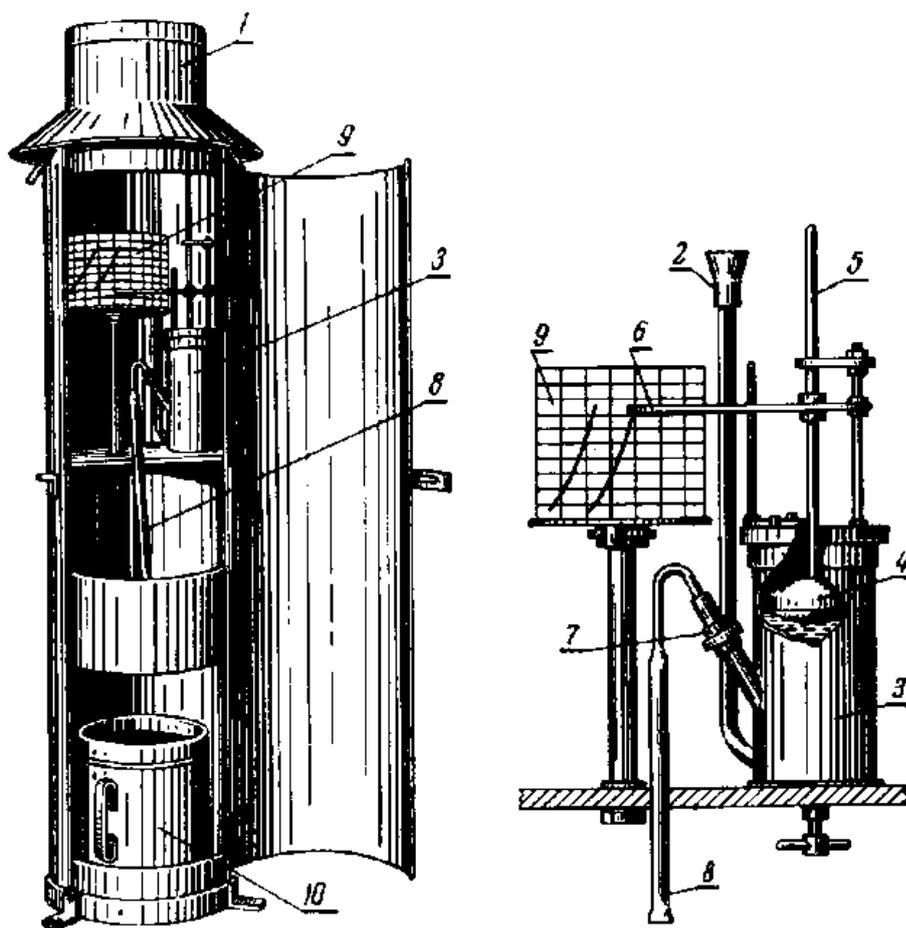


Рисунок 6.2 - Плювиограф П-2

При выпадении осадков вода из приемного сосуда (1) переливается в поплавковую камеру (3). При этом поплавок, находящийся в камере, поднимается и перо чертит на ленте кривую линию, причем, чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой. Как только осадки заполнят поплавковую камеру (10 мм), начинает действовать сифон (8) и вода из камеры

автоматически выливается в контрольный сосуд (10). При этом перо вычерчивает на ленте вертикальную прямую линию от верха до нулевого деления ленты. Если осадки продолжают выпадать, поплавковая камера снова наполняется водой и перо поднимается вверх. Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию. Иногда необходимо использовать механизм принудительного слива (7).

В холодное время при отрицательных температурах плювиограф не используют, так как вода в сосуде может замерзнуть и повредить прибор.

Прибор устанавливают горизонтально на открытой площадке на специальном столбе так, чтобы его верхняя часть была на высоте 2 м от поверхности почвы. Плювиограф укрепляется проволочными растяжками.

Обработка ленты плювиографа (плювиограммы) заключается в следующем. По записи на ленте отмечают время начала и конца дождя, записывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют общую сумму осадков за 24 ч и определяют интенсивность дождя в 1 мин. Интенсивность дождя рассчитывают по 10-минутным интервалам.

**Установка.** Прибор устанавливают горизонтально на открытой площадке на специальном столбе, укрепленном для надежности проволочными оттяжками. Верхний край плювиографа должен быть на высоте 2 м от поверхности почвы.

Ленты плювиографа меняют ежедневно, если был дождь (хотя и слабый). При смене лент заводят часовой механизм. В сухую погоду одну ленту используют пять-шесть дней.

В холодное время плювиограф разбирают. Для этого вынимают барабан с часовым механизмом, сифонную трубку, поплавковую камеру и контрольный сосуд. Насухо все протирают и хранят в помещении. Водосборный приемник закрывают крышкой.

**Обработка ленты плювиографа.** Данные о количестве и интенсивности осадков получают после обработки ленты.

Обработку производят для каждого дождя. По записи на ленте отмечают время начала и конца дождя, записывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют общую сумму осадков за 24 ч и интенсивность дождя в 1 мин.

В труднодоступных местах используют суммарные осадкомеры, а также автоматические радиометрические установки.

## **6.2 Наблюдения за снежным покровом**

Наблюдения за снежным покровом состоят из определения степени покрытия снегом территории и характера залегания снежного покрова, измерения его высоты и плотности, а также определения наличия и толщины ледяной корки и состояния почвы под снегом. Измерение высоты снежного покрова производится снегомерными рейками, а плотности – снегомером.

Снежный покров залегает неравномерно по территории, поэтому высоту его измеряют в нескольких местах. Для этого применяют постоянные и переносные (маршрутные) снегомерные рейки.

**Постоянная снегомерная рейка М-103** представляет собой деревянный брус длиной около 2 м и шириной не менее 5 см со шкалой в сантиметрах (цена деления 1 см).

**Установка.** Постоянные снегомерные рейки устанавливают осенью до начала снегопадов. В месте установки забивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40 – 60 см с запиленной ступенькой и к этому бруску привинчивают снегомерную рейку так, чтобы нулевое деление рейки находилось на уровне почвы. Обычно устанавливают три постоянные снегомерные рейки, располагая их по треугольнику. Расстояние между ними должно быть около 10 м.

**Измерение** высоты снежного покрова по постоянным рейкам делают с одного и того же места на расстоянии 5 – 6 шагов от рейки, не нарушая снежного покрова около рейки. Так как непосредственно около рейки под действием ветра может произойти выдувание снега, то при отсчетах необходимо наклоняться возможно ближе к поверхности снежного покрова. Отсчет производят с точностью до 1 см.

**Переносная снегомерная рейка М-104** применяется при маршрутных измерениях высоты снежного покрова и представляет собой деревянный брусок длиной 180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, изготовленный из сухого, пропитанного маслом дерева. Нижний конец рейки заострен и обит жостью. На одной стороне рейки нанесены деления в сантиметрах (цена деления 1 см). Начало деления шкалы совпадает с нижним обрезом наконечника.

При измерении высоты снежного покрова рейку погружают вертикально в снег заостренным концом так, чтобы он достиг поверхности почвы.

После этого отсчитывают по шкале высоту с точностью до 1 см.

### **Задания:**

1. Изучить устройство, правила установки осадкомера Третьякова и измерений по нему. Провести измерения по осадкомеру, определить количество выпавших осадков с помощью измерительного стакана (мм), перевести их в единицы объема ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) и вычислить интенсивность (мм/мин).

2. Ознакомиться с принципом действия плювиографа и обработкой плювиограммы.

3. Изучить правила измерений высоты снежного покрова (снегомерные рейки). При работе с приборами зимой измерить высоту снежного покрова, вычислить его плотность и запас воды на открытом и защищенном участках.

4. Построить график (диаграмму) годового хода осадков и высоты снежного покрова в течение зимы по данным метеорологической станции<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> *Примечание:*

Для построения графиков на оси абсцисс откладывают время (декаду, месяц), по оси ординат – количество осадков в миллиметрах или высоту снежного покрова в сантиметрах и строят прямоугольники, ширина которых соответствует времени, высота – количеству осадков или высоте снежного покрова

## 7 Определение формы и высоты облаков

**Облаком** называют видимую совокупность взвешенных в атмосфере и находящихся в процессе непрерывной эволюции капель и/или кристаллов, являющихся продуктами конденсации и/или сублимации водяного пара на высотах от нескольких десятков метров до нескольких километров. Изменение свойств этой совокупности частиц (фазового строения облака – соотношения капель и кристаллов по массе, числу частиц и другим параметрам в единице объема воздуха) происходит под влиянием температуры, влажности и вертикальных движений как внутри, так и вне облака. В свою очередь, выделение и поглощение тепла в результате фазовых переходов воды и наличия самих частиц в потоке воздуха оказывают обратное влияние на параметры облачной среды.

В ряде случаев под облаком может образоваться подоблачная дымка, которая состоит из очень мелких капель радиусом 0,1 мкм и менее и является признаком начала образования водяного облака. В результате конденсации водяного пара вблизи земной поверхности (в приземном слое атмосферы) образуются туман и дымка, ухудшающие метеорологическую дальность видимости до значения 1 км и менее.

По фазовому строению облака делятся на три группы.

1. **Водяные**, состоящие только из капель радиусом 1—2 мкм и более. Капли могут существовать не только при положительных, но и при отрицательных температурах. В последнем случае капли будут находиться в переохлажденном состоянии, что в атмосферных условиях вполне обычно. Чисто капельное строение облака сохраняется, как правило, до температур порядка  $-10...-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (иногда и ниже).

2. **Смешанные**, состоящие из смеси переохлажденных капель и ледяных кристаллов при температурах  $-20...-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

3. **Ледяные**, состоящие только из ледяных кристаллов при достаточно низких температурах (порядка  $-30...-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Регулярные и достоверные наблюдения за формами облаков и их трансформацией способствуют своевременному обнаружению опасных (ОЯ) и неблагоприятных (НГЯ) гидрометеорологических явлений, сопутствующих тому или иному виду облаков.

В программу метеорологических наблюдений включено слежение за динамикой развития облаков и определение следующих характеристик облачности:

- а) общее количество облаков,
- б) количество облаков нижнего яруса,
- в) форма облаков,
- г) высота нижней границы облаков нижнего или среднего яруса (при отсутствии облаков нижнего яруса).

Классификация тропосферных облаков по внешнему виду, используемая в настоящее время, получила название **международной морфологической классификации**. В соответствии с ней облака делятся на

10 основных форм. В каждой основной форме облаков различают виды и разновидности.

Облака всех форм встречаются на высотах от нескольких десятков метров до тропопаузы. В этом диапазоне высот условно различают облака трех ярусов.

Высота нижней границы облаков представляет собой минимальное расстояние от поверхности земли до основания облака. Измерение высоты нижней границы облаков производится, если облака (их нижние основания) расположены не выше 2500 м над уровнем моря. Если облака расположены на разных уровнях и высоту самых низких облаков не удалось измерить инструментально, она оценивается визуально.

Наряду с морфологической классификацией облаков используется и *генетическая классификация*, т. е. классификация по условиям (причинам) возникновения облаков. Кроме того, облака классифицируются по их микрофизическому строению, т. е. по агрегатному состоянию, виду и размерам облачных частиц, а также по их распределению внутри облака.

В соответствии с генетической классификацией облака делятся на три группы: слоистообразные, волнистообразные и кучевообразные (конвективные).

При проведении наблюдений за характеристиками облачности должны соблюдаться следующие условия:

- наблюдения за количеством и формой облаков, а также визуальные наблюдения за высотой их нижней границы следует проводить с такого места на станции, с которого виден весь небосвод (по возможности до горизонта);

- оценка количества и форм облаков должна производиться в сроки наблюдений в соответствии с программой работы станции;

- учитывая непрерывные, часто быстрые изменения облачности и переход облаков одних форм в другие, необходимо следить за образованием, развитием и изменением облачности не только в сроки наблюдений, но и между сроками.

При наблюдениях определяется общее количество облаков всех ярусов, покрывающих весь видимый небосвод (общая облачность), и количество облаков только нижнего яруса (нижняя облачность).

Количество облаков по всему видимому небосводу оценивается визуально по 10-балльной шкале. При отсутствии облаков количество облаков оценивается 0 баллов. Если облаками занята 0,1 часть небосвода, количество облаков оценивается 1 баллом, 0,3 части — 3 баллами и т.д. При полном покрытии небосвода количество облаков оценивается 10 баллами.

Количество облаков менее 1 балла отмечается как следы, при этом форма этих облаков не определяется.

Если облаками покрыто более 0,9 небосвода (более 9 баллов), но имеются отдельные просветы (составляющие менее 0,1 небосвода), то количество облаков (облачность) оценивается как 10 баллов с просветами (10).

При оценке количества облаков, когда они занимают менее половины видимого небосвода, следует мысленно суммировать покрытые облаками части небосвода. Если количество облаков больше 5 баллов (т.е. облаками покрыто больше половины небосвода), удобнее суммировать площади, не занятые облаками, и полученную величину, выраженную в баллах, вычесть из десяти.

Остаток покажет количество облаков в баллах. Следы конденсации от самолетов включаются в количество облаков только в том случае, если они устойчивы и имеют сходство с какой-либо формой облаков.

Если сквозь туман, дымку или мглу видны облака, следует определить их количество, не считая туман, дымку или мглу за облака. Количество облаков на небосводе не оценивается, если туман или сильная мгла просвечивают, но не в такой степени, чтобы можно было определить количество облаков.

Определение форм облаков, их видов и разновидностей производится для всех облаков, имеющих на небосводе, когда они по количеству составляют 0,5 балла и более.

Разрешается не определять форму облаков, находящихся ниже 5—6° над горизонтом, однако при этом облака с резко выраженными очертаниями (например, *Ci* и *Cb*) обязательно отмечаются.

Определение форм, видов и разновидностей облаков следует начинать с тех, которые занимают наибольшую часть небосвода, а затем переходить к следующим в порядке убывания их видимого количества [5].

**Облака верхнего яруса** состоят из мельчайших кристалликов льда:

- *перистые облака (Ci)* — отдельные белые волокнистые облака, обычно прозрачные. Толщина слоя — от сотен метров до нескольких километров. Сквозь них просвечивают Солнце и Луна, яркие звезды. Осадков не дают. Одной из разновидностей перистых облаков являются перистые когтевидные — *Cirrus uncinus (Ci unc)*;

- *перисто-кучевые облака (Cc)* — белые тонкие облака в виде мелких волн, ряби, без серых оттенков. Осадков не дают;

- *перисто-слоистые облака (Cs)* — беловатая или голубоватая пелена слегка волокнистого строения, сквозь которую просвечивают Солнце и Луна. Вокруг светил образуется гало (радужные круги с радиусом 22 или 46° или части этих кругов). В Арктике могут давать осадки в виде мелкого снега. Как правило, пелена *Cs*, надвигаясь, постепенно закрывает все небо.

**Облака среднего яруса:**

- *высоко-кучевые облака (Ac)* — белые, иногда сероватые облака в виде волн или гряд, состоящие из отдельных пластин или хлопьев, иногда сливающихся в сплошной покров. Состоят преимущественно из переохлажденных капель воды.

Высоко-кучевые облака бывают просвечивающие *Altostratus translucidus (Ac trans)* и плотные *Altostratus opacus (Ac op)*, в виде сплошного покрова, на нижней поверхности которого рельефно выступают темные волны, гряды или пластины;

- *высоко-слоистые облака (As)* — серая или синеватая однородная пелена слегка волокнистого строения. Как правило, постепенно закрывают все небо. большей частью состоят из переохлажденных капель воды и ледяных кристаллов. Эти облака могут быть просвечивающие *Altostratus translucidus (As trans)* (Солнце и Луна просвечивают, как через матовое стекло, с образованием венцов вокруг светил) и плотные *Altostratus opacus (As op)* (Солнце и Луна не просвечивают, но их местоположение на небе можно определить по расплывчатому пятну). Из облаков могут выпадать слабые осадки, достигающие поверхности земли в виде редких капель или снежинок.

#### **Облака нижнего яруса:**

- *слоисто-кучевые облака (Sc)* — серые облака, состоящие из крупных гряд, волн, пластин, разделенных просветами или сливающихся в сплошной серый волнистый покров. Состоят преимущественно из капель воды. В зимнее время состоят из переохлажденных капель воды, иногда встречается некоторое количество ледяных кристаллов и снежинок. Зимой из облаков могут выпадать осадки в виде снега;

- *слоистые облака (St)* — однородный слой серого цвета, сходный с туманом, но расположенный на некоторой высоте. Состоят из капель воды, при температуре ниже 0°C капли находятся в переохлажденном состоянии. Из облаков могут выпадать осадки в виде мороси;

- *слоисто-дождевые облака (Ns)* — темно-серый облачный покров, иногда с синеватым оттенком. Обычно закрывает все небо сплошным слоем без просветов. Из облаков выпадают осадки в виде обложного дождя или снега.

#### **Облака вертикального развития (конвективные облака):**

- *кучевые облака (Cu)* — плотные, развитые по вертикали облака с белыми куполообразными вершинами и плоским сероватым основанием. Могут представлять собой отдельные, редко расположенные облака или образовывать скопления, закрывающие почти все небо. Облака состоят в основном из капель воды, при температуре ниже 0°C капли воды находятся в переохлажденном состоянии.

Кучевые облака подразделяются на плоские кучевые *Cumulus humilis (Cu hum)*: их толщина меньше горизонтальной протяженности; кучевые средние *Cumulus mediocris (Cu med)*; мощные кучевые *Cumulus congestus (Cu cong)* сильно развиты по высоте. Изредка из *Cu cong* могут выпадать отдельные капли дождя. В тропиках могут давать ливни;

- *кучево-дождевые облака (Cb)* — мощные белые облачные массы с темным основанием. Поднимаются в виде гор или башен, верхние части которых имеют волокнистую структуру. Верхняя часть облака состоит из кристаллов льда (наковальня — *incus*). Из облаков выпадают ливневые осадки, летом часто с грозами.

Облака вертикального развития образуются при вертикальном подъеме воздуха (конвекции) и связанного с этим адиабатического охлаждения воздуха до стадии конденсации и сублимации водяного пара. Конвекция

может быть термическая в неустойчивом слое воздуха и динамическая при натекании воздуха на горный хребет или при прохождении атмосферного фронта (холодного), когда холодный воздух клином подтекает под теплый, вынуждая его к бурному восходящему движению.

Важными признаками, помогающими определить принадлежность облака к той или иной форме, виду или разновидности, являются:

- происхождение и развитие наблюдаемого облака из облаков какой-либо другой формы;
- световые (оптические) явления, наблюдаемые в облаках различных форм (круг вокруг Солнца и Луны, венцы, столбы), и степень прозрачности облаков;
- выпадающие из облаков осадки и их характер.

Определение количества облаков в темную часть суток надо производить, руководствуясь видимостью звезд, т.е. считая покрытыми облаками те части неба, где звезд не видно. Однако при этом надо иметь в виду, что существуют тонкие облака (*Ci*, *Cs* и др.), сквозь которые звезды хорошо просвечивают.

Низкие сплошные облака (например, *St fr*, *Sc* и пр.) могут быть определены также по их освещению наземными источниками света [6, 7].

#### **Задания:**

1. По атласу облаков определите и охарактеризуйте облака верхнего, среднего и нижнего ярусов.

#### **Список использованных источников**

1. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. 2-е изд., перераб. Л.: Гидрометеиздат. 1978. 224 с.
2. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. Л.: Гидрометеиздат. 1985. Вып. 3. Ч. 1. 302 с.
3. Каталог-справочник: Приборы и оборудование для гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей среды. Обнинск, 2010. Ч. 1. 312 с.
4. Ходжаева Г.К. Метеорологические методы и приборы наблюдений: Учебное пособие. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та. 2013. 189 с.
5. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология: Учебник. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука. 2006. 582 с.
6. Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), ГГО им. А.И. Воейкова; [Д. П. Беспалов и др. ; ред.: Л. К. Сурыгина]. Санкт-Петербург: Д'АРТ. 2011. 248 с.
7. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат. 1974. 568 с.