

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра географии и регионоведения

О.Б. ПОПОВА, С.В. ЮРИНА

# МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Оренбургский государственный  
университет»

Оренбург 2009

УДК 551.5 (07)  
ББК 26.23 я 7  
П 58

Рецензент  
кандидат географических наук, доцент И.А. Подосёнова

**Попова О.Б.**

П 58 Метеорология и климатология: методические указания к лабораторному практикуму / О.Б. Попова, С.В. Юрина - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 53 с.

Методические указания к лабораторному практикуму содержат перечень основных понятий и теоретических вопросов по изучаемой теме, задания к работе, необходимого оборудования и методические рекомендации по выполнению заданий.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторного практикума по дисциплине “Метеорология и климатология” для студентов специальности 020401.65 – География.

ББК 26.23 я 7

© Попова О.Б., 2009  
Юрина С.В.  
© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

Введение.....	4
1. Лабораторная работа № 1 Знакомство с основными климатологическими материалами.....	5
2. Лабораторная работа № 2 Давление атмосферы.....	9
3. Лабораторная работа № 3 Ветер .....	14
4. Лабораторная работа № 4 Температура воздуха.....	16
5. Лабораторная работа № 5 Солнечная радиация и теплооборот.....	19
6. Лабораторная работа № 6 Определение показателей влажности воздуха и нахождение высоты уровней конденсации и сублимации.....	26
7. Лабораторная работа № 7 Облака и атмосферные явления.....	31
8. Лабораторная работа № 8 Осадки .....	33
Список использованных источников.....	37
Приложение А Рисунок А.1 – Тарировочный график к анемометру.....	38
Приложение Б Образец заполнения листа книжки наблюдателя КМ 1 .....	39
Приложение В Лист книжки наблюдателя КМ 1.....	42
Приложение Г Поправки к термометрам ТМ 4.....	45
Приложение Д Поправки к термометрам ТМ 1 и ТМ 2.....	46
Приложение Е Обозначения метеорологических явлений.....	47
Приложение Ж Таблица для актинометрических наблюдений.....	52
Приложение И Вопросы для самоподготовки.....	53

## Введение

Курс «Метеорология и климатология» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин, является федеральным компонентом учебного плана по специальности 020401.65 – «География».

Метеорология и климатология – это науки об атмосфере, ее составе, строении, свойствах и протекающих в ней физических и химических процессах. Этот курс вооружает студентов знаниями общих закономерностей строения, функционирования, динамики и развития атмосферы. Главная цель курса – усвоение теоретических основ и общих условий физики атмосферы и всеобщих процессов климатообразования.

Данное пособие состоит из лабораторных работ по основным разделам дисциплины. Каждая лабораторная работа содержит перечень основных понятий и теоретических вопросов по изучаемой теме, задания к работе, необходимого оборудования и методические рекомендации по выполнению заданий.

В целях облегчения самостоятельной работы студентов все необходимые методические и справочные материалы, используемые при выполнении лабораторно-практических работ, содержатся в методических указаниях. Приведены основные правила наблюдений, проводимых стандартными метеорологическими приборами, с указанием соблюдения мер по технике безопасности. В некоторых задачах есть примеры расчётов, а также план выполнения работ. В каждой теме приведены вопросы, которые помогут студентам проверить свои знания и лучше усвоить курс. Перечень вопросов в конце пособия предназначен для самостоятельной подготовки к экзамену.

# 1 Лабораторная работа №1 Знакомство с основными климатологическими материалами

*Основные понятия:* средние значения; крайние значения; абсолютный максимум и абсолютный минимум; средние максимальные и минимальные значения, повторяемость, амплитуда.

*Теоретические вопросы:*

- 1) организация гидрометеорологических наблюдений в России;
- 2) основные климатологические материалы – наблюдательские книжки, месячные таблицы, метеорологические ежегодники, метеорологические ежемесячники, климатические справочники, климатические атласы и справочники;
- 3) основные климатические показатели - средние значения, крайние значения, абсолютный максимум и абсолютный минимум, средние максимальные и минимальные значения, повторяемость.

*Оборудование:* климатические справочники с многолетними средними величинами, климатические атласы, географический атлас для учителей, географический атлас Оренбургской области

*Задание 1* По одному из пунктов, расположенному в пределах России, выписать следующие данные:

- 1) среднюю месячную температуру воздуха для всех месяцев года;
- 2) средний из абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха в январе и июле;
- 3) даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5, +10, -5, -10° С в периоды подъема и понижения температуры воздуха;
- 4) среднюю относительную влажность воздуха за 13-часовой срок;
- 5) средние месячные суммы осадков и среднюю годовую сумму осадков;
- 6) среднее месячное число дней с осадками;
- 7) высоты снежного покрова по декадам;
- 8) преобладающее направление ветра в каждом месяце года.

*Задание 1.2* Построить графики годового хода температуры воздуха, относительной влажности и числа дней с осадками.

*Задание 1.3* Построить диаграммы годового хода осадков и высоты снежного покрова.

*Задание 1.4* Построить розу ветров по месяцам: январь, апрель, июль и октябрь

*Задание 1.5* Определить климатические условия местоположения пункта:

- 1) выделить наиболее холодный и наиболее теплый месяцы и определить годовую амплитуду температуры;
- 2) указать ежегодно возможный максимум и минимум температуры воздуха в самый холодный и наиболее теплый месяцы года;
- 3) указать даты перехода средней суточной температуры через 0, 5, 10, -5 и -10° С в периоды подъема и падения температуры воздуха;
- 4) определить месяцы с наибольшим и наименьшим количеством осадков;
- 5) определить время года с наибольшим и наименьшим количеством дней с осадками и проследить, совпадает ли оно с периодами наибольшего и наименьшего количества осадков;
- 6) отметить время установления снежного покрова (по графику), указать декаду с наибольшей средней высотой и отметить время схода снежного покрова;
- 7) указать месяцы, когда происходит переход в преобладающих ветрах от зимнего к летнему режиму.

*Задание 2* Навыки чтения приземных карт погоды.

Ознакомьтесь с приземными картами погоды (учебными). Изучить методику кодировки метеоэлементов (см схему и таблицы – пояснения к ней), выписать значения для двух пунктов:

- 1) температура воздуха и точки росы;
- 2) ветер (направление и скорость);
- 3) давление;
- 4) барометрическая тенденция;
- 5) атмосферные явления, вид осадков;
- 6) количество и форма облаков;
- 7) метеорологическая дальность видимости.

*Задание 3* Определить под влиянием какого атмосферного вихря находится станция? Влияют ли на погоду атмосферные фронты? Если да, то какие (теплый, холодный, окклюзии)? Сделать выводы о причинах изменения погоды за двое суток и предположить (спрогнозировать) на следующие сутки тенденцию дальнейшего хода метеоэлементов.

*Задание 4* Определить особенности климатического положения Оренбургской области. Какие типы воздушных масс участвуют в формировании климата Оренбургской области. На основании анализа карты среднегодового значения годовой суммы атмосферных осадков объяснить закономерности их территориального распределения. Какое влияние на распространение осадков оказывает рельеф?

*Задание 5* Используя данные таблицы 1, построить график изменения основных климатических показателей Оренбургской области по линии Оренбург-Бугуруслан-Адамовка. Определить годовую амплитуду температур и вычислить коэффициенты увлажнения для этих пунктов. Сделать вывод об изменении основных климатических показателей.

Таблица 1 - Основные климатические показатели по линии Бугуруслан – Оренбург – Адамовка (по Г.А. Русскину, 2003)

Населенный пункт	Ср. t января, °С	Ср. t июля °С	Годовая амплитуда температур	Ср. годовое количество осадков, мм	Испаряемость, мм	Ср. высота снежного покрова, см	Ср. глубина промерзания почвы, см.	Коэффициент увлажнения
Бугуруслан	-14,3	20,2		419	700	43	105	
Оренбург	-15,0	22,0		389	800	37	110	
Адамовка	-17,8	20,4		297	900	27	140	

*Задание 6* На контурной карте Оренбургской области провести изотермы января и июля, изогеты количества осадков и определить температуру воздуха и годовое количество осадков для пунктов Адамовка, Акбулак и Бузулук (методом интерполяции).

*Задание 7* Вычислить индекс континентальности климата для следующих населенных пунктов: Оренбург, Адамовка, Бугуруслан, Сорочинск, Бузулук, Соль-Илецк, Акбулак.

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

Для определения климатических особенностей Оренбургской области необходимо проанализировать особенности ее положения в пределах материка Евразия. На климат территории влияет ее географическая широта, удаленность от морей и океанов, положение относительно барических максимумов и минимумов. Существенное влияние на климат оказывает рельеф. Таким образом, для выделения климатообразующих факторов, влияющих на климат Оренбургской области, необходим анализ климатических физических карт мира, Российской Федерации и Оренбургской области. Сравнительный анализ всех карт даст полную картину особенностей климатообразования на территории Оренбургской области.

Годовая амплитуда температур определяется по значениям средних температур самого холодного и самого теплого месяца в году (Например:

если, средняя температура января минус 10 °С, а средняя температура июля плюс 15 °С, то годовая амплитуда равна 25 °С ).

Для определения коэффициента увлажнения заданных пунктов необходимо использовать формулу (1), разработанную Н.Н. Ивановым:

$$K = \frac{X}{E_m}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент увлажнения;  
 $X$  – количество атмосферных осадков, мм;  
 $E_m$  – испаряемость, мм.

С помощью полученного коэффициента увлажнения можно определить, в пределах каких природных зон находятся заданные населенные пункты. Согласно Н.Н. Иванову, коэффициент увлажнения для лесной зоны равен 1 – 1,5; лесостепи – 0,6-1,0; степи – 0,3-0,6; полупустыни – 0,1-0,3; пустыни – менее 0,1.

Для определения индекса континентальности климата необходимо определить широту заданных пунктов и годовую амплитуду колебания температур по значениям среднемесячной температуры самого холодного и самого теплого месяца в году. Индекс континентальности климата вычисляется по формуле Цинкера:

$$K = \frac{A}{\varphi} 100\%, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент континентальности,  
 $A$  – амплитуда температур,  
 $\varphi$  – широта пункта.

Определив значения индекса континентальности ( $K$ ) для Оренбурга, Адамовки, Бугуруслана, Сорочинска, Бузулука, Соль-Илецка, Акбулака по формуле (2), можно сделать вывод о степени континентальности климата этих населенных пунктов.

Степень континентальности определяется следующими значениями  $K$  :

- до 30 % - океанический климат
- от 31 до 40 % - переходный от океанического к континентальному
- от 41 до 50 % - умеренно континентальный
- от 51 до 60 % - континентальный
- от 61 до 80 % - резко-континентальный
- более 81 % – самый континентальный

При оформлении контурной карты необходимо подписать название карты в ее левом углу, затем найти нужный объект в атласе и, используя ориентиры (градусную сеть, речную сеть и др.), отыскать его на контурной

карте. Изотермы января изображаются на карте синим цветом, июля – красным; осадки синим или зеленым фоном различной тональности по всему полю; коэффициенты континентальности и увлажнения пишутся у населенных пунктов дробью, у которой в числителе – показатель континентальности, в знаменателе – увлажнения. Все, что показано на контурной карте необходимо отразить в легенде карты в виде условных обозначений.

## 2 Лабораторная работа № 2 Давление атмосферы

*Основные понятия:* изобары, барический градиент, барическая ступень, барическое поле, центры циркуляции атмосферы, циклон, антициклон, давление на уровне моря.

*Теоретические вопросы:*

- 1) барическое поле;
- 2) барический градиент, его изменение с высотой;
- 3) барическая ступень;
- 4) колебания давления;
- 5) междусуточная изменчивость давления;
- 6) годовой ход давления;
- 7) месячные и годовые аномалии.

*Оборудование:* атласы мира, Российской Федерации и Оренбургской области, барометр aneroid, барограф, ленты барографа

*Задание 1* Давление, выраженное в миллиметрах ртутного столба (мм рт.ст.), выразить в гектопаскалях: 750, 783, 775, 790, 763.

*Задание 2* Давление, выраженное в гектопаскалях, выразить в миллиметрах: 1030, 1005, 989, 1013 гПа.

*Задание 3* Привести давление к уровню моря при температуре воздуха 8° С, если:

- 1) на высоте 720 м давление 960,3 гПа;
- 2) на высоте 200 м давление 990,8 гПа;
- 3) на высоте 150 м давление 990,8 гПа;
- 4) на самой высокой точке Жигулевских гор давление 1001,6 гПа;
- 5) в дельте Волги давление 1020,3 гПа;
- 6) на самой высокой Среднерусской возвышенности давление 1012,0 гПа
- 7) в Сарыкамьшской котловине 1026,8 гПа.

*Задание 4* Пользуясь барометром анероидом и барографом определить атмосферное давление по следующему плану:

- а) ознакомиться с устройством барометра анероида и барографа;
- б) произвести отсчет по барометру (с десятиными долями);
- в) получить истинное давление на уровне станции, введя поправки: инструментальную, температурную;
- г) привести полученную величину давления к уровню моря;
- д) ответить на вопросы:
  - 1) в чем отличие устройств барометра-анероида, ртутного-чашечного и барографа?
  - 2) для чего вводятся поправки к первоначальному отсчету давления?
  - 3) как «ведет себя» давление при изменении погоды: а) при приближении и прохождении циклона и б) при прохождении антициклона?
  - 4) провести анализ ленты барографа.

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

При выполнении заданий следует помнить, что в СИ (Международной системе единиц) давление измеряется в Паскалях (Па). Один Паскаль – это давление силой в 1 ньютон (Н), приходящаяся на площадь  $1 \text{ м}^2$  ( $\text{Н}/\text{м}^2$  – динь). В метеорологии также используется единица давления миллибар (мб), которая представляет давление силой в  $10^3$  дин, приходящееся на  $1 \text{ см}^2$ .

$$1 \text{ мб} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ гПа}$$

$$1 \text{ гПа} = 10^2 \text{ Па}$$

Также на практике широко используется внесистемная единица давления – 1 мм рт.ст. – это вес столба ртути высотой в 1 мм, приходящийся на  $1 \text{ м}^2$  на уровне моря и широте  $45^\circ$ .

$$1 \text{ мм рт.ст.} = 1,3333 \text{ гПа}$$

$$1 \text{ гПа} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}$$

Нормальное давление – 760 мм рт.ст. на широте  $45^\circ$ .

$$760 \text{ мм рт.ст.} = 760 \times 1,3333 \text{ гПа} = 1013,3 \text{ гПа.}$$

Для того чтобы определить, какая высота ртутного столба будет соответствовать 1000 гПа:

$$1000 \text{ гПа} = 1000 \text{ гПа} \times 0,75 \text{ мм рт.ст.} = 750 \text{ мм рт.ст.}$$

Задача приведения давления к уровню моря возникла из необходимости сравнивать значения давления на различных станциях и анализировать давление на синоптических картах. На высоте уровня станции определяется фактическая температура воздуха, а на уровне моря – температура вычисляется по формуле 3. При вычислении используется факт, что температура приземного воздуха падает в среднем на  $0,6^\circ \text{ C}$  на каждые 100 м поднятия (вертикальный температурный градиент):

$$t_{y.m.} = t_{ст} + 0,6^\circ \text{ C} \times 10^{-2} \times z_{ст} , \quad (3)$$

где  $t_{y.m.}$  – температура уровня моря ( $^\circ \text{ C}$ );

$t_{ст}$  - температура на станции ( $^\circ \text{ C}$ );

$z_{ст}$  – высота станции над уровнем моря (м).

За среднюю температуру воображаемого столба воздуха принимается среднее арифметическое  $t_{y.м.}$  и  $t_{ст}$ :

$$t_m = (t_{ст} + t_{y.м.}) / 2 . \quad (4)$$

По давлению на станции и по полученной средней температуре определяется давление на уровне моря. Предположив, что  $p_1 = p_{y.м.}$ ,  $z_1 = 0$ ,  $p_2 = p_{ст}$ ,  $z_2 = z_{ст}$ , получаем барометрическую формулу в следующем виде:

$$p_{ст} = p_{y.м.} \times e^{\frac{-g \times z}{R \times T_m}}, \quad (5)$$

где  $T_m = 273^\circ + t_m$ ;

$g$  – нормальное ускорение свободного падения =  $9,80665 \text{ м/с}^2$ ;

$R_d$  - удельная газовая постоянная сухого воздуха =  $285,05 \text{ Дж/ (кг} \times$

К).

Отсюда:

$$p_{y.м.} = p_{ст} \times e^{\frac{g \times z}{R \times T_m}}. \quad (6)$$

Поскольку операция приведения давления к уровню моря делается на метеорологической станции в каждый срок наблюдения, то для облегчения расчетов имеются специальные таблицы, составленные для разных значений  $t_{ст}$ . На приземных синоптических картах нанесено давление приведенное к уровню моря.

Результаты по четвертому заданию оформить в виде таблицы 2. Указать широту г. Оренбурга и высоту над уровнем моря. Выставить на ленте барографа давление на уровне станции.

Провести наблюдения по барометру анероиду по следующему плану:

- 1) записать дату и время наблюдений;
- 2) открыть крышку футляра, при горизонтальном положении анероида сделать отсчет температуры прибора (точность до  $0,1^\circ\text{C}$ ) и давления по шкале (точность до  $0,1 \text{ мм}$  или  $\text{гПа}$ ), предварительно слегка постучав пальцем по стеклу анероида;

Таблица 2 - Значения атмосферного давления

Температура при барометре, °С			Отсчет по барометру, мм рт. ст.	Поправки			Исправленное давление	
Отсчёт	Поправка	Исправленная величина		Инструментальная	Температурная	На высоту уровня моря	На уровне станции мм рт.ст., гПа	На уровне моря, мм рт.ст., гПа

3) выполнить расчёт суммарной поправки к показаниям анероида.

Суммарная поправка анероида (Пс) состоит из: инструментальной поправки (Пи), поправки на показания термометра при анероиде, приведённую к 0 °С (Пт) и добавочной поправки (Пд).

Таблица 3 – Поправка на шкалу анероида

Давление, мм рт ст	Поправка	Давление, мм рт ст	Поправка
660	+2,2	730	-0,2
670	+2,1	740	-0,5
680	+2,0	750	-0,7
690	+1,6	760	-0,8
700	+1,3	770	-1,8
710	+0,7	780	-2,4
720	+0,1	790	-3,0

Поправка на показания термометра при анероиде, приведенную к 0 °С (Пт), гПа рассчитывается по формуле:

$$P_t = -0,04 \times t, \quad (7)$$

где t – температура анероида, °С (в показания температуры нужно предварительно внести поправку по таблице 4).

Таблица 4 - Поправка к показаниям термометра при анероиде

Интервал	Поправка
-30	+0,1
-20	0,01
-10	+0,1
0	-0,05
+10	-0,1
+20	-0,01
+30	+0,1
+40	-0,05
+50	+0,1

Барическая ступень – это приращение высоты, в пределах которого давление падает на единицу. Это величина, обратно пропорциональная барическому градиенту  $-\left(\frac{dp}{dz}\right)$ . Если записать основное уравнение статики в иной форме:

$$-\left(\frac{dz}{dp}\right) = \frac{(RdT_m)}{(gp)}, \quad (8)$$

то выражение  $-\left(\frac{dz}{dp}\right)$  является барической ступенью и она прямо пропорциональна температуре воздуха и обратно пропорциональна давлению.

Барическую ступень рассчитывают с учётом поправок на измеренные величины давления и температуры по формуле:

$$h = \frac{8000}{P} \times (I \times 0,004t), \quad (9)$$

где  $h$  (м/гПа) – барическая ступень;

$P$  (гПа) – исправленная суммарной поправкой величина давления;

$t$  – исправленная поправкой температура анероида.

Для анализа ленты барографа необходимо:

- а) провести разбивку записи на ленте на каждый час;
- б) снять по ленте значение давления за каждый час с точностью до десятых долей и записать в одну линию под записью этой величины;
- в) под ежечасными значениями, снятыми с ленты самописца, записать значения измеряемой величины, полученные по результатам измерений

барометра в срочные часы. Значения измеренных величин в срочные часы подчеркнуть;

г) определить поправки к показаниям записи прибора в срочные часы. Для этого вычислить разности между истинными значениями давления и показаниями самописца;

д) определить поправки для всех остальных промежуточных часов. Для этого определить разность поправок в срочные часы и разделить ее на число часов между ними (3 часа). Это полученное среднее изменение поправки нужно алгебраически прибавить к поправке первого срочного часа и получить поправку для второго часа. К ней прибавить среднее изменение поправки и получить поправку для третьего часа;

е) прибавить (отнять) полученные за каждый час поправки к показаниям самописцев и получить истинные значения измеряемой величины;

ж) определить максимальное и минимальное значение давления за сутки, а также суточную амплитуду давления

### **3 Лабораторная работа № 3 Ветер**

*Основные понятия:* изобары, изотахи, барический градиент, ветер, геострофический ветер, градиентный ветер, термический ветер, местные ветры, бриз, склоновые ветры, стоковые ветры, фёны, пассаты, муссоны, велопауза, позёмок, шквал, пыльная буря, пыльный вихрь, смерч (тромб, торнадо), шкала Фуджиты, мистраль, самум, харахаиха, урикан, чинук, бора, сарма,.

*Теоретические вопросы:*

- 1) линии тока и изотахи;
- 2) сила Кориолиса;
- 3) геострофический ветер;
- 4) градиентный ветер;
- 5) термический ветер;
- 6) закономерности смены направления ветра при прохождении теплого и холодного фронтов.

*Оборудование:* атласы мира, Российской Федерации и Оренбургской области, барометр aneroid, барограф, анемометр

*Задание 1* Ознакомиться с устройством флюгера и назначением отдельных его частей. Какое устройство позволяет определить направление ветра, а какое скорость? По флюгеру определить направление и скорость ветра. Провести отсчет фактической скорости и определить направление ветра по наблюдениям за движением (отклонением) веток деревьев (дыма из труб, флага) и шкале Бофорта (стр. 35-36).

*Задание 2* Ознакомиться с устройством анемометра. Провести серию наблюдений (3 отсчета) за фактической скоростью ветра. Снять отсчет по циферблатам.

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

Для выполнения первого задания используйте следующий порядок производства наблюдений по флюгеру. Запишите в рабочей тетради дату и время наблюдений. Для определения направления ветра встаньте недалеко от мачты флюгера со стороны противовеса флюгарки и наблюдайте в течение 2 мин за движением противовеса флюгарки относительно штифтов. Определите среднее положение противовеса флюгарки и запишите румб, соответствующий этому среднему положению, в рабочую тетрадь.

Для выполнения наблюдения за скоростью ветра встаньте в направлении, перпендикулярном положению флюгарки, так, чтобы хорошо была видна дуга со штифтами и положение доски флюгера относительно них. Определите в среднем за 2 мин положение доски флюгера (номер штифта) и максимальное отклонение доски (порывы ветра) и запишите результаты в тетрадь. Отдельно укажите среднюю скорость ветра за 2 мин и порывы ветра.

Результаты выполнения второго задания оформить пошагово, используя таблицу 5 и следующий порядок производства наблюдений по анемометру:

Таблица 5 – Значения скорости ветра по анемометру

Дата и время наблюдения			
Отсчеты	1	2	3
Начальный			
Конечный			
Разность			
Число секунд (обычно 100 с)			
Полученное число делений за 1 с			

Отсчитать начальное положение счётчика с точностью до 1 деления большого круга (при выключенном счётном механизме). Держа анемометр за корпус в вытянутой руке, выждите 1-2 мин, пока вращение вертушки не станет установившемся (счётный механизм не включать). Включить арретиром счётчик, через 100 с выключить счётчик и отсчитать его показание, записать в рабочую тетрадь. Повторить наблюдение 3 раза.

Используя тарифовочный график (Приложение А), рассчитать по каждому наблюдению скорость ветра, а затем среднюю из трёх наблюдений.

## 4 Лабораторная работа № 4 Температура воздуха

*Основные понятия:* изотермы, изотермия, инверсия температур, изоаномалы, температурные аномалии, заморозок, иней, изморозь.

*Теоретические вопросы:*

- 1) причины изменений температуры воздуха;
- 2) тепловой баланс земной поверхности;
- 3) измерения температуры воздуха;
- 4) заморозки;
- 5) годовая амплитуда температуры воздуха;
- 6) континентальность климата;
- 7) распределение температуры с высотой;
- 8) стратификация атмосферы;
- 9) инверсии температуры.

*Оборудование:* срочный термометр, минимальный термометр, максимальный термометр, термометр Савинова, психрометрический термометр, глубинный вытяжной термометр, термограф, ленты, флакон с чернилами.

*Задание 1* Привести к уровню моря среднегодовую температуру следующих пунктов:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| 1) высота 4200 м, $t=4,2$ °С | 4) высота 764 м, $t=3,4$ °С  |
| 2) высота 300 м, $t=15,4$ °С | 5) высота 126 м, $t=21,3$ °С |
| 3) высота 1152 м, $t=0,3$ °С |                              |

*Задание 2* Выразить температуру  $0$  °С,  $25$  °С,  $-25$  °С,  $100$  °С в единицах К, F.

*Задание 3* Ознакомиться с устройством термометров. В чем своеобразие устройства каждого? Назовите отличия жидкостных, металлических, биметаллических, полупроводниковых термометров, а также термометра-праща. Для каких целей и по каким причинам вводятся поправки к отсчетам термометров? Что называют истинной температурой? В чем отличие способов установки термометров на метеостанции?

Ознакомиться с устройством психрометрической будки и установкой в ней термометров. Почему некоторые термометры (какие?) размещены горизонтально? Почему в минимальных термометрах в качестве термометрической жидкости используют спирт?

Выписать цену деления шкалы каждого термометра. Сделать отсчет по каждому термометру. Данные наблюдений записать.

*Задание 4* Ознакомиться с устройством приёмной, передающей и записывающей частей суточного термографа и основными принципами его

работы. Что служит в термографе приемником температуры? Для каких целей служит термограф (если на метеорологической станции имеются суточный и др. термометры)? Проанализировать запись термографа по данным снятой ленты.

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

Температура воздуха в метеорологии измеряется в единицах СИ, т.е. в градусах Международной температурной шкалы – шкалы Цельсия (1742 г.), в которой 0 °С - температура плавления льда, 100 °С – температура кипения воды (при нормальном давлении – 1013 гПа).

К середине 18 века в употреблении находилось до 60 различных шкал. Постепенно из них выделились три шкалы. Во всех них основной точкой служит температура кипения воды. Старейшая из них принадлежит Фаренгейту (1714 г.). 0 F - температура смеси равных частей льда и нашатыря, точка кипения 212 F, точка таяния льда 32 F, 100 F - температура человеческого тела (37,78 °С). Температурная шкала Фаренгейта до настоящего времени используется в странах Британского Содружества.

Метеорологические ртутные приборы имеют для непосредственного определения температуры воздуха достаточно длинную шкалу. Каждый градус для удобства расчётов разделен на пятые доли. Шкала нанесена на молочном стекле и заключена вместе с капилляром в запаянную трубку. Резервуар термометра помещен вне оправы. Для метеорологических целей необходимо знать температуру с точностью до 0,1 °С, в условиях иногда резких колебаний. Ртуть замерзает при -38,9 °С, поэтому при более сильных морозах пользуются спиртовыми термометрами с вилкообразным резервуаром, как и у минимального термометра.

Абсолютная шкала температур – шкала Кельвина.

0 К – полное прекращение теплового движения молекул при -273 °С.

Переход от температуры по Цельсию к температуре по абсолютной шкале К осуществляется по формуле 9:

$$T = t + 273,15^{\circ} , \quad (10)$$

где T = температура по Кельвину;

t = температура по Цельсию.

Переход от шкалы Фаренгейта к шкале Цельсия и наоборот осуществляется по формулам 11 и 12:

$$t^{\circ}C = (5/9) \times (t^{\circ}F - 32) , \quad (11)$$

$$t^{\circ}F = (9/5) \times t^{\circ}C + 32 . \quad (12)$$

Географические факторы влияют на приземное распределение температуры воздуха, поэтому необходимо исключить их влияние путём приведения температуры к уровню моря. Так как на каждые 100 м высоты температура в среднем падает на 0,6 °С, то эта величина принимается за вертикальный термический градиент. Таким образом, если известна высота станции ( $z_{ст}$ ) и фактическая температура воздуха ( $t_{ст}$ ), то на уровне моря в том же месте она должна быть равна:

$$t_{y.м} = t_{ст} + 0,6 \times z_{ст}, \quad (13)$$

Если высота станции равна 400 м, фактическая температура воздуха 8° С, то приведенная температура воздуха к уровню моря равна:

$$t_{y.м} = 8 + 0,6 \times 4 = 10 \text{ °С.}$$

В начале выполнения задания 3 запишите в тетрадь дату и время наблюдений. Откройте будку, отсчитайте показания психрометрического термометра. Отсчитайте показания максимального термометра (до встряхивания), снимите максимальный термометр с подставки, держа его за середину, энергично встряхните 3-4 раза, сделайте отсчёт (после встряхивания) при положении термометра резервуаром вниз и положите термометр обратно на подставку. Отсчитайте показание мениска спирта минимального термометра (отсчёт «спирт»), не снимая термометр с подставки, сделайте также отсчёт по дальнему от резервуара концу штифта (отсчёт «штифт»), затем снимите термометр с подставки, наклоните резервуаром вверх и подгоните штифт к мениску спирта, положите термометр на подставку. Закройте будку.

Примечания:

1. Точность отсчёта по всем термометрам до 0,1 °С.
2. Сначала отсчитываются десятые доли, а затем целые градусы.
3. Соблюдайте указания по технике безопасности.

Для выполнения задания 4 используйте следующий порядок наблюдений:

Откройте психрометрическую будку, отсчитайте показание сухого психрометрического термометра и запишите в рабочую тетрадь. Закройте будку.

Откройте будку для самописцев, сделайте отсчёт срочной температуры воздуха по положению пера самописца относительно диаграммной ленты, запишите в тетрадь показание термографа и закройте будку.

Для того чтобы сменить ленту на термографе нужно отвести арретиром пишущее перо от барабана и снять барабан с основания. Вынуть из гнезда барабана пружинную полоску, закрепляющую ленту так, чтобы левый край ее находил на правый в том месте, где вставляется пружина. Горизонтальные линии на обоих концах ленты должны совпадать, а нижний край плотно подходить к выступу основания. Завести ключом часовой механизм,

вмонтированный в барабан. Надеть барабан на ось. Отрегулировать винтом положение пера на соответствующее показание «сухого термометра» (см. отсчёт по сухому термометру). Проверить правильность нажима пера на ленту. Наполнить перо чернилами. Придвинуть арретир так, чтобы перо прикоснулось к барабану. Подвести перо ко времени установки ленты. Записать в левом верхнем углу ленты время и дату её установки

Анализ записи термографа по данным снятой ленты выполнить по следующему плану:

- 1) как изменялась температура за каждый час?
- 2) каковы значения  $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$ ?
- 3) какова амплитуда температуры за сутки?
- 4) её среднее суточное значение?
- 5) что могло повлиять на изменение температуры за рассматриваемый период наблюдений?

Отсчеты по ленте и ответы оформить в виде таблицы 6:

Таблица 6 - Значения отсчётов ленты термографа

Часы	Значение температуры (t), °C	Амплитуда (t), °C	t °C	Max	t Min °C	Средн.суточ. (t), °C

## 5 Лабораторная работа № 5 Солнечная радиация и теплооборот

*Основные понятия:* прямая, отраженная и рассеянная солнечная радиация; встречное излучение, альbedo, тепловой баланс, эффективное излучение, длинноволновая и коротковолновая радиация, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение

*Теоретические вопросы:*

- 1) спектральный состав солнечной радиации;
- 2) радиационный баланс;
- 3) поглощенная, суммарная, отраженная радиация;
- 4) излучение земной поверхности, встречное и эффективное излучение;
- 5) зональное распределение солнечной радиации у земной поверхности;

- 6) географическое распределение радиационного баланса;
- 7) актинометрические наблюдения;
- 8) методы измерения лучистой энергии.

*Оборудование:* термоэлектрический пиранометр, термоэлектрический альбедометр, термоэлектрический актинометр, гелиограф универсальный, источник искусственного света, ленты с записью продолжительности солнечного сияния.

*Задание 1* Выявить основные закономерности в изменении спектрального состава солнечной радиации в зависимости от высоты солнца над горизонтом, используя таблицу 7 :

Таблица 7 - Спектральный состав солнечной радиации в зависимости от высоты Солнца над горизонтом, %

Длина волны	Высота солнца над горизонтом, град			
	90	30	5	
Ультрафиолетовая часть спектра	0,30	4	3	0,5
	0,37	3	2	0
видимая часть спектра	0,42	6	5	1
	0,49	11	11	4
	0,59	14	14	10
	0,70	13	13	15,5
инфракрасная часть спектра	0,91	19	21	26
	1,33	18	19	25
	2,30	10	10	15
	4,00	2	2	3
интенсивность общей радиации, Дж/(см <sup>2</sup> *мин)	7,05	6,47	4,39	

*Задание 2* Дать анализ данных таблицы 8, показывающих зависимость годовой величины суммарной радиации от широты места:

- 1) выявить общую тенденцию в изменении годовой величины суммарной радиации в зависимости от широты;
- 2) объяснить причины отклонений от общей выявленной закономерности;
- 3) объяснить, с чем связано различное соотношение количества тепла, поступающего от прямой и рассеянной солнечной радиации в различных пунктах.

Таблица 8 - Количество тепла, кДж/(см<sup>2</sup>\*год), от прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиаций, поступающего на горизонтальную поверхность

Пункт	Широта	Радиация		
		прямая	рассеянная	суммарная
Бухта Тихая	80°19'	87,9	146,5	234,5
Якутск	62°01'	226,1	113,0	339,1
Павловск	59°41'	167,5	150,7	318,2
Иркутск	52°16'	251,2	125,6	376,8
Воронеж	51°40'	242,8	171,7	414,5
Ташкент	41°20'	431,2	138,2	569,4
Пуна(Индия)	18°31'	--	--	858,3

*Задание 3* Определить альбедо  $A$  различных поверхностей, если известно количество суммарной солнечной радиации  $Q$  и отраженной радиации  $г$ :

- 1) снега при  $Q= 3,52$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г= 2,47$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин);
- 2) песка при  $Q= 5,15$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г= 1.55$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин);
- 3) глинистой почвы при  $Q= 3.93$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г= 0,79$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин);
- 4) луговой растительности при  $Q=3.60$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г=1.51$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин)
- 5) водной поверхности при  $Q= 2.81$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г= 0.13$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин)
- 6) облаков при  $Q= 2.85$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин) и  $г= 2.22$  Дж/(см<sup>2</sup>\*мин)

*Задание 4* Дать анализ составляющих теплового баланса континентов и океанов (таблица 9) по следующему плану:

- 1) выявить общие закономерности в соотношении между компонентами теплового баланса для континентов и океанов;
- 2) сравнить приходную и расходную части теплового баланса континентов и океанов и объяснить существующие между ними различия;
- 3) объяснить различия в величинах расходной части теплового баланса разных континентов.

Таблица 9 - Тепловой баланс континентов и океанов, кДж/(см<sup>2</sup>\*год)

Составляющие теплового баланса	Континенты или части света						океаны		
	Европа	Азия	Африка	Северная Америка	Южная Америка	Австралия	Атлантический	Тихий	Индийский
Радиационный баланс (R)	164	197	285	167	293	293	334	359	31
Затраты тепла на испарение (LE)	101	92	109	96	188	92	301	326	322
Турбулентный поток тепла от подстилающей поверхности к атмосфере (P)	63	105	176	71	105	201	33	33	29

*Задание 5* Вычислить составляющие теплового баланса ландшафтно-климатических зон России (таблица 10) и на основании полученных данных выявить соотношение между приходными и расходными частями теплового баланса различных зон.

Таблица 10 - Компоненты теплового баланса различных ландшафтно-климатических зон России, кДж/(см<sup>2</sup>\*год)

Зоны	Прямая радиация	Рассеянная радиация	Отраженная радиация	Эффективное излучение	Затраты тепла на испарение
Арктика	42	209	176	96	-
Тундра	105	188	167	105	17
Тайга	147	176	154	118	67
Смешанные леса	188	167	126	126	75
Лесостепь	230	167	142	130	67
Степь	272	147	133	147	63
Полупустыни	314	147	147	167	42
Пустыни	398	126	167	180	33

*Задание 6* Ознакомиться с устройством гелиографа, со способами его установки в различное время года и на различных широтах и ответить на вопросы: каким образом определяется продолжительность солнечного сияния? В каких единицах она измеряется? При каких условиях продолжительность солнечного сияния может равняться «0»?

Определить продолжительность солнечного сияния по лентам гелиографа.

*Задание 7* Ознакомиться с устройством актинометра, пиранометра и альбедометра. Произвести наблюдения по приборам.

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

Для обработки ленты гелиографа выполнить следующие этапы:

- 1) определить продолжительность солнечного сияния за каждый час в десятых долях часа и записать в таблицу 11;

Таблица 11 – Продолжительность солнечного сияния за день

Дата	Часы	Продолжительность солнечного сияния за день, час
	0-1	
	1-2	
	2-3	
	3-4	
	4-5	
	5-6	
	6-7	
	7-8	
	8-9	
	10-11	
	11-12	
	12-13	
	13-14	
	14-15	
	15-16	
	16-17	
	17-18	
	18-19	
	19-20	
	20-21	
	21-22	
	22-23	
	23-24	

- 2) подсчитать продолжительность солнечного сияния в течение дня и выразить её в часах;
- 3) найти время восхода и заката солнца и продолжительность дня по Приложению Ж;
- 4) сравнить продолжительность солнечного сияния с продолжительностью дня и выразить фактическую продолжительность солнечного сияния в процентах от возможной;
- 5) полученные данные в нести в таблицу Ж.2 (Приложение Ж).

Для производства наблюдений термоэлектрическим актинометром установить рядом источник искусственного света. Измерить прибором исходящую от него прямую радиацию, для чего необходимо:

- 1) освободить арретир гальванометра и установить стрелку на пятое деление шкалы с помощью корректорного винта;
- 2) подключить два выводных провода от актинометра к клеммам стрелочного гальванометра ГСА – 1, отмеченных знаками «+» и «Р», так, чтобы стрелка отклонилась вправо от нулевого деления. Сделать отсчёт по шкале гальванометра при отсутствии тока с точностью до 0,1 деления и записать это нулевое положение стрелки (место нуля);
- 3) снять крышку с трубы актинометра, включить лампу (искусственное солнце) и навести на нее трубу актинометра;
- 4) при помощи реостата придать искусственному солнцу напряжение не более 60 В, сделать 3-4 отсчёта по гальванометру;
- 5) закрыть крышкой актинометр и спустя 1-2 мин отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра после измерений;
- 6) закрепить арретир гальванометра;
- 7) рассчитать переводной множитель (а) по формуле 14:

$$a = \frac{\alpha(R_{pr} + R_r)}{1000 \times k}, \quad (14)$$

где а - цена деления гальванометра в микроамперах (мкА/дел);  
 $R_{pr}$  – сопротивление термобатареи приемника радиации, (Ом);  
 $R_r$  - сопротивление термобатареи гальванометра (Ом);  
 $k$  – чувствительность приёмника радиации (милливольты (мВ) на Вт/м<sup>2</sup>).

Примечание - Величины а,  $R_{pr}$ ,  $R_r$  и  $k$  указываются в поверочных свидетельствах приборов. Поскольку характеристики приборов со временем могут изменяться, то переводной множитель периодически уточняется путём сравнения с показаниями абсолютного прибора – пиргелиометра;

- 8) Полученные данные наблюдений записать в таблицу Ж1 (Приложение Ж).

При производстве наблюдений пиранометром в рабочей тетради сделать отметку о дате и времени. Накрыть приёмную часть пиранометра крышкой и выждать 60 с. Отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра с точностью до десятых долей деления шкалы и записать показания в таблицу 12 в графу показаний.

Таблица 12 – Измерение солнечной радиации (пиранометром)

Отсчёт	Интервал, с	Показания
Н	60	
пауза	60	
Н <sub>1</sub>	20	
Н <sub>2</sub>	20	
Н <sub>3</sub>	20	
пауза	60	
Н <sub>4</sub>	20	
Н <sub>5</sub>	20	
Н <sub>6</sub>	20	
пауза	60	
Н <sub>7</sub>	20	
Н <sub>8</sub>	20	
Н <sub>9</sub>	20	
пауза	60	
Н''		

Снять крышку, затенить экраном приёмную часть пиранометра и выждать 60 с. Отсчитать показания гальванометра три раза с промежутками в 20 с (записать показания стрелки в графы Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub>). Отвести экран и выждать 60 с. Отсчитать показания гальванометра три раза (Н<sub>4</sub>, Н<sub>5</sub>, Н<sub>6</sub>). Затенить экраном приёмную часть пиранометра и выждать 60 с. Отсчитать показания гальванометра три раза с промежутками в 20 с (Н<sub>7</sub>, Н<sub>8</sub>, Н<sub>9</sub>). Накрыть приёмную часть пиранометра крышкой и выждать 60 с. Отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра (записать показания в графу Н'').

Для выполнения задания 7 накрыть приёмную часть альбедометра крышкой и выждать 60 с. Отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра и записать показания в графу Н'. Снять крышку с альбедометра и выждать 60 с. Отсчитать показания гальванометра три раза с промежутками в 20 с. (записать показания стрелки в графы Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub>). Повернуть головку альбедометра вниз и выждать 60 с. Отсчитать показания гальванометра три раза с промежутками в 20 с. (записать показания стрелки в графы Н<sub>4</sub>, Н<sub>5</sub>, Н<sub>6</sub>). Накрыть приёмную часть альбедометра крышкой и выждать 60 с. Отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра (записать показания стрелки в графу Н''). Примечание - Если солнца нет, то

пиранометр затенять не надо, отсчитать показания гальванометра шесть раз и перейти к графе Н''.

## 6 Лабораторная работа № 6 Определение показателей влажности воздуха и нахождение высоты уровней конденсации и сублимации

*Основные понятия:* испарение, испаряемость, насыщение, относительная влажность воздуха, конденсация, сублимация, роса, точка росы, абсолютная влажность, парциальное давление, дефицит насыщения, упругость водяного пара, иней, изморозь, гололёд, гололедица, туман (сплошной, подсвечивающий, поземный, ледяной адвективный, радиационный), дымка, опалесцирующий смог, парение водоёма.

*Теоретические вопросы:*

- 1) географическое распределение испарения и испаряемости;
- 2) конденсация в атмосфере;
- 3) изменение влажности с высотой.

*Оборудование:* Психометрические таблицы, аспирационный психрометр, дистиллированная вода, пипетка для смачивания, барометр, стационарный психрометр, волосной гигрометр и гигрограф, неиспользованная лента гигрографа, лента с записью гигрографа, чернила для самописцев.

*Задание 1* Пользуясь «Психометрическими таблицами», определить характеристики влажности воздуха (абсолютную и относительную влажность, точку росы, дефицит насыщения) для следующих значений температур (л-лёд; в-вода – по состоянию батиста на смоченном термометре) представленных в таблице 13:

Таблица 13 – Значения характеристик влажности воздуха

t сух, °C	5,0	25,1	-4,5	-0,5	-0,4
t смоч, °C	3,5	19,1	-5,9 л	-0,7л	-0,8в
E, гПа					
f, %					
e, гПа					
t <sub>d</sub> , °C					
d, гПа					

Где t сух, °C – показания сухого психометрического термометра;

$t$  смоч, °С – показания смоченного психрометрического термометра;  
 $f$ , % - относительная влажность;  
 $E$ , гПа – давление насыщенного пара;  
 $e$ , гПа – парциальное давление;  
 $t_d$ , °С – точка росы  
 $d$ , гПа – дефицит насыщения

Введя поправки к первоначально полученным значениям (Приложение Г, Д), записать в таблицу 12 исправленные величины влажностей.

*Задание 2* Ознакомиться с устройством аспирационного и стационарного (Августа) психрометров. Каковы отличия в их устройстве и в использовании? Провести наблюдения.

*Задание 3* Ознакомиться с устройством гигрометра. Почему деления шкалы волосного гигрометра неравномерны? Произвести наблюдения по прибору.

Изучить ленту гигрографа. Отсчеты по ленте и её анализ оформить в виде таблицы 14:

Таблица 14 – Анализ ленты гигрографа

Дата наблюдений:

Часы	Значение относительной влажности, %	Амплитуда отн. влажности за сутки	Максимальное значение за сутки, %		Максимальное значение за сутки, %		Средн. суточная величина, %
01							
02							
03							
...							

*Задание 4* Какова относительная влажность воздуха, если упругость водяных паров  $e$  и максимальная упругость паров, насыщающих пространство  $E$ , равны:

- 1)  $e = 7,1$  гПа,  $E = 14,0$  гПа;
- 2)  $e = 7,9$  гПа,  $E = 13,1$  гПа;
- 3)  $e = 22,1$  гПа,  $E = 27,7$  гПа;
- 4)  $e = 15,5$  гПа,  $E = 38,9$  гПа.

*Задание 5* Какова упругость водяных паров, если относительная влажность  $f$  и максимальная упругость паров  $E$ , насыщающих пространство, равны:

- 1)  $f = 40$  %,  $E = 38,9$  гПа;

- 2)  $f = 34 \%$ ,  $E = 33,6$  гПа;
- 3)  $f = 100 \%$ ,  $E = 13,6$  гПа;
- 4)  $f = 65 \%$ ,  $E = 16,9$  гПа.

*Задание 6* Какова максимальная упругость паров, если относительная влажность  $f$  и упругость водяных паров  $e$  равны:

- 1)  $f = 73 \%$ ,  $e = 11,6$  гПа;
- 2)  $f = 32 \%$ ,  $e = 7,2$  гПа;
- 3)  $f = 92 \%$ ,  $e = 13,2$  гПа;
- 4)  $f = 64 \%$ ,  $e = 13,6$  гПа.

*Задание 7* Определить дефицит влажности, если известны максимальная упругость паров, насыщающих пространство  $E$ , и упругость водяных паров  $e$ :

- 1)  $E = 26,0$  гПа,  $e = 8,4$  гПа;
- 2)  $E = 13,9$  гПа,  $e = 12,9$  гПа;
- 3)  $E = 4,5$  гПа,  $e = 4,5$  гПа;
- 4)  $E = 8,4$  гПа,  $e = 4,3$  гПа.

*Задание 8* Определить относительную влажность воздуха  $f$ , если точка росы  $t_d$  равна  $17^\circ\text{C}$ , упругость водяных паров  $e = 7,5$  гПа.

*Задание 9* Определить высоту уровня конденсации и сублимации поднимающегося адиабатически от поверхности Земли воздуха не насыщенного паром, если известна его температура  $t$  и упругость водяных паров  $e$ :

- 1)  $t = 25^\circ\text{C}$ ,  $e = 23,3$  гПа
- 2)  $t = 17^\circ\text{C}$ ,  $e = 12,2$  гПа
- 3)  $t = 12^\circ\text{C}$ ,  $e = 10,0$  гПа
- 4)  $t = 30^\circ\text{C}$ ,  $e = 21,2$  гПа.

#### *Методические рекомендации по выполнению заданий*

В психометрической таблице приводятся заранее рассчитанные значения относительной и абсолютной влажности, точка росы и дефицит насыщения для различных значений температуры по сухому и смоченному термометрам при постоянном значении  $A$  ( $A$  - постоянная психометра равная  $0,0007947$ ) и атмосферном давлении  $1000$  мб.

Если давление воздуха больше или меньше  $1000$  мб, к характеристике влажности необходимо вводить поправки.

С изменением атмосферного давления при одном и том же количестве водяного пара в воздухе меняется скорость испарения с поверхности смоченного термометра.

Если давление ниже 1000 мб, скорость испарения будет больше (и наоборот), показания  $t$  смоченного и упругости водяного пара окажутся заниженными, поэтому поправка к влажности вводится со знаком плюс. Поправка приведена в приложении к Психометрическим таблицам.

В таблице №2 (см. Психрометрические таблицы) по данным о температуре сухого термометра ( $t$ ) и температуре смоченного термометра ( $t'$ ) определяется парциальное давление водяного пара ( $e$ ). в таблице №3 по данным о давлении воздуха ( $P$ ) и разности между температурой сухого и смоченного термометров ( $t - t'$ ) определяется поправка к парциальному давлению ( $\pm \Delta e$ ). Рассчитывается исправленное значение парциального давления:

$$e_{\text{испр}} = e \pm \Delta e . \quad (15)$$

Затем по таблице № 2 по температуре сухого термометра и значению  $e_{\text{испр}}$  определяются точка росы ( $t_d$ ), относительная влажность ( $f$ ), дефицит насыщения ( $d$ ).

На последнем этапе рассчитывается давление насыщенного пара ( $E$ ):

$$E = e + d . \quad (16)$$

Следует также учесть, что поправки к парциальному давлению  $\Delta e$  для аспирационного психрометра только прибавляются.

Давление водяного пара выражается в тех же единицах, что и давление воздуха, т.е. в гектопаскалях (1 гПа = 1 мб). Давление водяного пара в состоянии насыщения (максимальная упругость водяного пара)  $E$  называют давлением насыщенного водяного пара. Это максимальное давление водяного пара, возможное при данной температуре. Оно определяется эмпирической формулой Мангуса:

$$E = E_0 \times 10^{\frac{at}{b+t}} , \quad (17)$$

где  $E_0 = 6,107$  гПа – давление насыщенного пара при температуре  $t = 0$  °С.

$a = 7,6326$ ,  $b = 241,9$  - коэффициенты для давления насыщенного водяного пара над чистой водой;

$a = 9,5$ ,  $b = 265,5$  - коэффициенты для давления насыщенного водяного пара над льдом.

Абсолютная влажность ( $a$ ) – содержание в атмосфере водяного пара в граммах на  $1 \text{ м}^2$  воздуха ( $\text{г/м}^3$ ). Рассчитывается по формуле:

$$a = 217 \frac{e}{T} , \quad (18)$$

где  $e$  – парциальное давление водяного пара (фактическая упругость водяного пара) (гПа);

$T$  – температура в кельвинах (К).

А также абсолютную влажность можно найти из формулы:

$$a = 0.8 \frac{e}{1 + \alpha \times t}, \quad (19)$$

где  $\alpha$  - коэффициент расширения воздуха.

Численные значения абсолютной влажности и парциального давления очень близки, а при температуре +16,4 °С совпадают, поэтому парциальное давление водяного пара (фактическую упругость водяного пара) часто называют абсолютной влажностью.

Относительная влажность рассчитывается по формуле:

$$f = (e / E) \times 100 \% . \quad (20)$$

Дефицит насыщения (гПа) показывает, сколько водяного пара недостаёт для насыщения воздуха при данной температуре:

$$d = E - e . \quad (21)$$

Для того чтобы произвести наблюдения по аспирационному психрометру (при положительной температуре) нужно снять психрометр со штатива (подвеса). Набрать в пипетку дистиллированную воду и смочить термометр (расположенный справа), введя пипетку в резервуар термометра, обвязанного батистом. Выждав 3-5 с. для того чтобы батист пропитался водой. Вынуть пипетку из трубки. После смачивания завести ключом вентилятор до отказа, повесить психрометр на стойку и заметить по часам время. Через 4 мин. после смачивания и завода сделать отсчеты (быстро) (до десятых долей градуса). Снять отсчет по барометру. Ввести поправки. Найти в сертификатах термометров инструментальные поправки и ввести их к показаниям термометров (принимая поправки по значениям, приведённым в таблице). По исправленным показаниям  $t$  сух.,  $t$  смоч. и Психрометрическим таблицам, определить характеристики влажности воздуха. Результаты записать в таблицу (Приложения Б, В).

Порядок производства наблюдений по стационарному психрометру при положительной температуре:

- 1) при температуре сухого термометра, близкой к 0 °С, определить, замёрзла ли вода на батисте смоченного термометра. В том случае, если вода замёрзла, после числа, обозначающего температуру смоченного термометра, ставится буква «л» (т.е. лёд).

Порядок производства наблюдений по стационарному психрометру при отрицательной температуре:

- 1) за 20 мин. до отсчета смочить батист смоченного термометра, погружая его в резервуар в стаканчик с водой комнатной температуры;
- 2) записать в тетради время и дату отсчёта;
- 3) отсчитать показания сухого термометра с точностью до 0,1 °С (сначала десятые доли, потом целые градусы);
- 4) отсчитать показания смоченного термометра (с той же точностью и в том же порядке);
- 5) затем следует определить по барометру или барографу величину атмосферного давления в гПа и округлить полученный отсчёт до десятка гПа.

Определить параметры влажности. Ход выполнения работы схож с вышеописанным. Ответ оформить в виде таблицы (Приложение В).

Волосной гигрометр является основным прибором для определения влажности воздуха при температуре воздуха меньше -10°С. Все необходимые данные приведены в таблице № 1 (см. психрометрические таблицы), в которой по значению  $t$  и относительной влажности воздуха  $f$  определяется  $t_d$ ,  $e$ ,  $d$  и рассчитывается  $E$ :

$$E = e + d, \quad (22)$$

Если значение температуры воздуха оказалось выше приведенных в таблице № 1, то аналогичным образом используется таблица № 2 психрометрических таблиц.

Для производства наблюдений по волосному гигрометру в психрометрической будке отсчитать показание сухого термометра с точностью до 0,1°С (сначала отсчитывают десятые доли, затем целые градусы), записать отсчёт в тетрадь. Поправки к показаниям сухого термометра приведены в Приложении Г. Отсчитать показание шкалы гигрометра с точностью до целого деления. Используя психрометрические таблицы найти относительную влажность воздуха.

Для проведения наблюдений по гигрографу наложить чистую ленту на барабан, установить её в соответствии с правилами (см. термограф) и величиной влажности, которая получена по аспирационному психрометру.

## **7 Лабораторная работа № 7 Облака и атмосферные явления**

*Основные понятия:* туман, облако, осадки, гроза, дымка, мгла, гром, метель, оптические явления (паргелии, параселены, ангелий, гало, венец, gloria, вокругзенитная дуга, тень Земли, радуга, зелёный луч, ложное солнце, противосолнце, лунная радуга, Альпийское сияние (горение Альп),

терминатор, берлинский феномен, лучи Будды, пояс Венеры, Брокенский призрак).

*Теоретические вопросы:*

- 1) географическое распределение облачности;
- 2) географическое распределение туманов;
- 3) международная классификация облаков.

*Оборудование:* географические атласы с картами мира и Российской Федерации, атлас облаков, методические указания по производству метеорологических наблюдений под редакцией Юриной С.В. (2005)

*Задание 1* Дать анализ карты среднегодовой облачности: а) выявить общую тенденцию в изменении облачности и объяснить ее причины; б) выделить районы с наибольшей и наименьшей среднегодовой облачностью.

*Задание 2* Вычислив коэффициент увлажнения для некоторых пунктов (таблица 14), определить местоположение каждого из них в пределах той или иной природной зоны. Коэффициент увлажнения (по Н.Н. Иванову) определяется по формуле:

$$K = \frac{R}{E_m}, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент увлажнения;  
 $R$  – количество атмосферных осадков, мм;  
 $E_m$  – испаряемость, мм.

Согласно Н.Н. Иванову, коэффициент увлажнения для лесной зоны равен 1 – 1,5, лесостепи – 0,6-1,0, степи – 0,3-0,6, полупустыни – 0,1-0,3, пустыни – менее 0,1.

Таблица 15 - Характеристика увлажнения по природным зонам

Пункты	Осадки, мм	Испаряемость, мм	Коэффициент увлажнения	Природная зона
1	520	610		
2	110	1320		
3	560	520		
4	450	810		
5	220	1100		

*Задание 3* По атласу и учебному пособию (стр.39-41) ознакомиться с основными формами и видами облаков. Выписать и запомнить латинские названия 10 основных форм облаков.

Расшифровать формы облаков, дающих осадки, и указать вид осадков, характерный для каждой облачности (ливневые: дождь, снег; обложные: дождь, снег; морозящие: морось, снежные зерна): Cb, Sc, Ns, St.

Указать формы облаков, которые возникают на теплом и холодном фронтах.

Определить и записать количество, формы облаков, и высоту их основания в день и час проведения занятия по следующему плану:

- 1) количество облаков в баллах;
- 2) верхний ярус;
- 3) средний ярус;
- 4) нижний ярус;
- 5) облака вертикального развития.

Какие атмосферные процессы приводят к образованию облаков? При каких облаках образуется гало, венец, смерч, град, грозы, шквал? Какие облака являются признаками плохой погоды? Улучшения погоды? Назовите облака, располагающиеся в стратосфере, мезосфере? Какими приборами определяют высоту облаков?

## **8 Лабораторная работа № 8 Осадки**

*Основные понятия:* облако, осадки, дождь, снег, морось, снежные зерна, снежная крупа, ледяная крупа, ледяные иглы, ледяной дождь, иней, изморось, град, взрывчатый град, цветные осадки, гроза, дымка, мгла, метель, вьюга, пурга, буран, атмосферное электричество (молния точечная, линейная, плоская, шаровая, геометеоры, голубые струи, красные призраки), гром, тихий разряд).

*Теоретические вопросы:*

- 1) электричество облаков и осадков;
- 2) международная классификация осадков.

*Оборудование:* осадкомер Третьякова, пювиограф, дождемер полевой, стационарная снегомерная рейка, переносная снегомерная рейка, снегомер весовой, мерзлотомер.

*Задание 1* Ознакомиться с устройством дождемера (осадкомера), дождемерного ведра и правилами его установки на метеорологической площадке. Коротко описать устройство.

Какова цена деления на дождемерном стакане? Какие характеристики осадков можно получить по осадкомеру? Для чего нужна диафрагма (с

воронкой) в осадкомерном ведре? Чему соответствует 1 мм слоя выпавших осадков, определяемых дождемерным стаканом? Какое количество выпавших осадков является критическим («штормовым») значением для местности проживания студентов? Какие причины могут вызывать окрашивание атмосферных осадков (дождя, снега) различное через прозрачные стеклянные стенки дождемерного стакана в различные цвета? Какие аналитические исследования над атмосферными осадками проводятся в рамках программы Глобального и регионального мониторинга

Определить количество выпавших осадков по осадкомеру Третьякова.

*Задание 2* Ознакомиться с устройством и назначением пювлюиографа и отдельных частей. В какое время года можно пользоваться пювлюиографом? Какие характеристики осадков можно получить по ленте-пювлюиограмме?

*Задание 3* Ознакомиться с устройством снегомерных рек, весового и объемного снегомеров. Вычислить плотность снежного покрова ( $d$ , г/см<sup>3</sup>) по условным значениям (например, при высоте снежного покрова ( $h$ , см) равной 20 см, 35 см). Результаты вычислений записать в виде таблицы 16:

Таблица 16 – Измерение плотности снега

Высота снежного покрова по шкале снегомера $h$ , см	Число делений весов $n$	Плотность снега $d$ , г/см <sup>3</sup>	Объем взятого снега $v$ , см <sup>3</sup>	Высота слоя воды $h$ , мм
20	5			
35	10			
...				

*Задание 4* Рассчитать запасы воды в снеге.

*Задание 5* Вычислить плотность снежного покрова ( $d$ , г/см<sup>3</sup>) по данным собственных наблюдений (см. порядок производства измерений).

*Методические рекомендации по выполнению заданий*

Вычисление плотности снежного покрова проводится, зная, что объем взятого снега ( $v$ , см<sup>3</sup>) равен:

$$v = 50 \times h , (\text{см}^3) , \quad (24)$$

где  $50$  - площадь сечения цилиндра (в  $\text{см}^2$ ).  
Масса снега ( $m$ ) определяется из формулы 17:

$$m = 5 \times n, \quad (25)$$

где  $5$  - цена деления весов (в граммах),  
 $n$  - число делений, отсчитанных по весовому снегомеру.  
Плотность снега ( $d$ ,  $\text{г/см}^3$ ) рассчитывается по формуле 18:

$$d = \frac{m}{v} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}, \quad (\text{г/см}^3) \quad (26)$$

На основании данных, используемых выше, можно получить и высоту слоя воды, который бы образовался при полном таянии снежного покрова. Вес воды взятой пробы равен  $5 \times n$  (формула 21), так как плотность воды равна единице, то  $5 \times n$  есть и объем воды.

Если объем разделить на площадь и умножить на 10, можно получить высоту слоя воды (в мм):

$$h_{\text{ввод}} = \frac{5n10}{50} = n. \quad (27)$$

Таким образом, число делений, отсчитанных по весам снегомера и будет равно количеству воды в миллиметрах слоя.

Запасы воды в снеге рассчитываются по формуле:

$$W = n, \quad (28)$$

где  $W$  – запасы воды в снеге, мм;

$n$  - число делений весов-безмена при взвешивании цилиндра с пробой снега.

Для пересчёта запасов воды в снежном покрове из мм в т/га или  $\text{м}^3/\text{га}$  следует использовать формулу:

$$v = 10W, \quad (29)$$

где  $v$  - масса воды, т/га;

$W$  – запасы воды в снеге, мм.

Порядок производства измерений плотности снежного покрова:

- 1) вынести снегомер из помещения и охладить его до температуры воздуха (20-30 мин);
- 2) переносной снегомерной рейкой сделать контрольный промер снежного покрова с точностью до 1 см;
- 3) погрузить цилиндр в снег вертикально до соприкосновения с землёй (стучать по цилиндру нельзя!);

- 4) отсчитать высоту снежного покрова (тоже, что высота снежного столба в цилиндре) по шкале с точностью до 1 см;
- 5) специальной лопаткой отгрести снег с одной стороны цилиндра и аккуратно подвести лопатку под цилиндр;
- 6) не отнимая лопатки от цилиндра, поднять его и перевернуть крышкой вниз (проследить, чтобы снег, заключенный в цилиндр, не высыпался);
- 7) очистив цилиндр от приставшего снаружи снега, подвесить его на весы-безмен;
- 8) на шкале весов-безмена против метки груза отсчитать деление с точностью до 1 маленького деления;
- 9) высыпать снег из цилиндра и повторить измерения (если цилиндр достаточно охлажден, то снег высыпается из него при опрокидывании и легком постукивании ладонью);
- 10) все показания записать в соответствующую графу таблицы 16. Точность отсчёта по всем шкалам – 1 деление. Записать в рабочий бланк дату.

### Список использованных источников

1. Атлас облаков. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 267 с.
2. **Беттен, Л.** Погода в нашей жизни / **Л. Беттен.** - М.: Изд-во Мир, 1985. - 226с.
3. **Бронштейн, В.А.** Серебристые облака и их наблюдение / **В.А. Бронштейн.** - М.: Изд-во Наука, 1984. – 128 с.
4. **Ефимов, А.И.** Климат / **А.И. Ефимов** // Географический атлас Оренбургской области / под ред. **А.А. Чибилёва.** - М.: Изд-во ДИК, 1999. – С.32-33. – ISBN 5-8213-0041-X
5. **Бесбалов, Д.П.** Психрометрические таблицы / **Д.П. Бесбалов, Л.Т. Матвеев, В.Н. Козлов.** - Л.: Гидрометеиздат, 1981. -270 с.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 2. Ч I. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 138с.
7. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3.Ч I. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 169с.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3.Ч II. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 116с.
9. **Полтараус, Б.В.** Климатология / **Б.В. Полтараус, А.В. Кислов.** - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. - 144 с.
10. Психрометрические таблицы. - Л.: Гидрометеиздат, 1972.- 200 с.
11. **Русскин, Г.А.** География Оренбургской области: Природные условия и природные ресурсы: учебное пособие / **Г.А. Русскин.** – Оренбург: Изд-во ООИПКРО, 2003. – 163 с.
12. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам - Изд.2-е пер.и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 432 с.
13. **Стернзат, М.С.** Метеорологические приборы и наблюдения / **М.С. Стернзат.** - Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 391 с.
14. **Хромов, С.П.** Метеорология и климатология для географических факультетов / **С.П. Хромов.** - Л.: Гидрометиздат, 1964. - 499с.
15. **Хромов, С.П.** Метеорологический словарь / **С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова.** - Л.: ГИМИЗ, 1974. - 568с.
16. **Хромов, С.П.** Метеорология и климатология: учебник, 4-е изд.: перераб. и доп. / **С.П. Хромов, М.А. Петросянц.** - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. - 527с.
17. **Юрина, С.В.** Учебно-полевая практика по землеведению (метеорологические наблюдения): учебное пособие для студ. спец. «география» / **С.В. Юрина.** – Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2004. – 76 с.

**Приложение А**  
*(обязательное)*  
**Тарировочный график к анемометру**

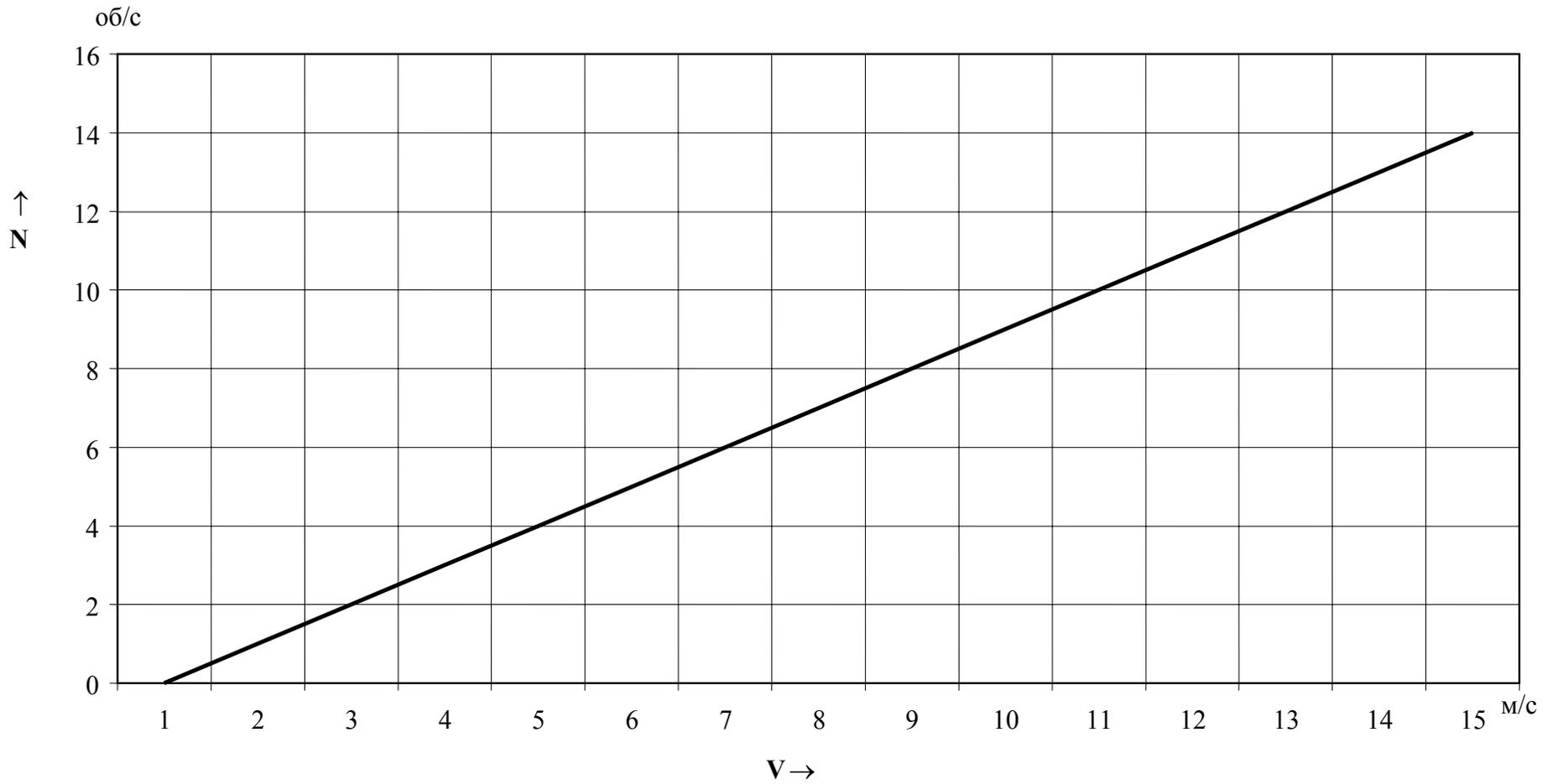


Рисунок А 1 - Тарировочный график к анемометру

## Приложение Б

(обязательное)

### Образец заполнения листа книжки наблюдателя КМ 1

Таблица Б.1 - Лист книжки наблюдателя КМ 1

Число 26/IV		Время (московское/декретное данного пояса)											сумма	Средние, выборки, шифровка	
		12			15			18			21				
	объект, освещение, <i>E</i>	Л. 4		150	Л. 4	Р	70	лес	2	3	20,2л.	8,0 н.	1,6	-	-
Видимость	Испр. отсчет, видимость, км, цифры кода	26,1	1,8	18	37,7	3,8	38	-	4	40	18,6	14	64		
облачность	Колич.	общ. нижн.													
	форма	Верх.													
		Средн.													
		Нижн.	St neb.		Cb, Sc			Cb cap.			Cb		-	-	
	высота нижней границы	St – 400 (гл.)		Cb – 700 (гл.)			Cb – 600 (гл.)			Cb – 500 (гл.)		-	-		
Состояние поверхности почвы														Тающий снег 6	
Погода между сроками <b>W</b>		Туман 4			Ливн. Дождь 8			Гроза 9			Гроза 9		-	-	
Погода в срок наблюдений <b>ww</b>		Туман 28			Гроза 17			Ливн. дождь 25			Ливн. Дождь 80		-	-	
ветер		174-6			219-7			268-6			281-8		-	8	
Максимальный порыв		9 (11)			10 (12)			9 (11)			11 (13)			(13)	
Атмосферные явления															

Продолжение таблицы Б.1

Число 26/IV		Время (московское/декретное данного пояса)												сумма	Средние, выборки, шифровка	
		12			15			18			21					
		отсч	Попр	Испр.вел.	отсч	Попр.	Испр..	отсч	Попр.	Испр.	отсчет	Попр.	Испр..			
осадки					30	0,2	3,2				47	0,2	49	14,8		
На поверхности почвы	Термометр для поверхности	0,3	0	0,4	0			1,2	1		0,0		-0	-	0	
	Минимальный термометр	Спирт	0,3	0	0,4	0			1,0	1		0,0		-0	-	-
		Штифт	0,3	0	0,3	0			0,0	-0		0,0		-0	-	-0
	Максимальный термометр	Отсчет	1,4	1	1,5	2			1,7	2		1,3		1	-	2
		После встряхив.	0,4	0	0,5	0			1,3	1		0,3		0	-	-
В психрометрической будке	Сухой термометр	5,6	-0,1	5,5	10,2	-0,1	10,1	7,0	-0,1	6,9	2,0	0,0	2,0	35,8	4,5	
	Смоченный термометр	5,3	0,0	5,3	9,7	0,0	9,7	6,3	0,0	6,3	1,6	0,1	1,7	-	-	
	Минимальный термометр	5,4	0,0	5,4	10,0	-0,1	9,9	6,8	-0,1	6,7	1,8	0,0	1,8	-	-	

Продолжение таблицы Б.1

	Штифт	3,3	0,0		5,4	0,0		6,8	-0,1		1,7	0,1 0,0	1,8	-	1,8
	Максимальный термометр	5,9	0,0	5,9	10,4	0,0	10,4	11,8	0,0	11,8	7,5	0,0	7,5	-	11,8
	После встряхив.	5,6	0,0	5,6	10,2	0,0	10,2	7,0	0,0	7,0	2,0	0,0	2,0	-	-
	гигрометр	93			91			86			91				
Упругость водяного пара, относительная влажность, недостаток насыщения		88	97	0,2	11,7	95	0,7	9,1	91	0,9	6,7	95	0,3	3,7	88 1,05
Точка росы		5			9			6			1			-	-
Термометр при барометре		23,6	-0,1	23,5	23,4	-0,1	23,3	21,3	-0,1	21,2	20,0	-0,1	19,9	-	-
барометр	<i>мм мб</i>														
		990,4	1,5 -3,8	988,1	989,0	1,5 -3,8	986,7	990,8	1,5 -3,4	998,9	994,1	1,5 -3,2	992,4	-	-
Давление на уровне моря		1009,6			1007,8			1010,4			1014,2			-	-
Барометрическая тенденция (вид кривой и величина, мб)		7		1,7	7		1,4	3		2,2	2		3,5	-	-
примечание															
Подпись наблюдателя															

**Приложение В**  
(обязательное)  
**Лист книжки наблюдателя КМ 1**

**Таблица В.1 - Лист книжки наблюдателя КМ 1 для самостоятельного заполнения**

Число		Время (московское/декретное данного пояса)												сумма	Средние, выборки, шифровка	
		12			15			18			21					
	объект, освещение, <i>E</i>															
Видимость	Испр. отсчет, видимость, <i>км</i> , цифры кода															
облачность	Колич.	общ. нижн.														
	форма	Верх.														
		Средн.														
		Нижн.														
	высота нижней границы															
Состояние поверхности почвы																
Погода между сроками W																
Погода в срок наблюдений ww																
ветер																
Максимальный порыв																
Атмосферные явления																

Продолжение таблицы В.1

Число		Время (московское/декретное данного пояса)												сумма	Средние, выборки, шифровка
		12			15			18			21				
		отсч ет	Поп р	Испр вел.	отсч ет	Поп р.	Исп р..	отсч ет	Поп р.	Исп р.	отсчет	Попр.	Испр..		
осадки															
На поверхности почвы	Термометр для поверхности														
	Минимальный термометр	Спирт													
		Штифт													
	Максимальный термометр	Отсчет													
После встряхив.															
В психрометрической будке	Сухой термометр														
	Смоченный термометр														
	Минимальный термометр	Спирт													

Продолжение таблицы В.1

		Штифт														
	Максим альный термоме тр	Отсчет														
		После встряхив.														
	гигроме тр															
Упругость водяного пара, относительная влажность, недостаток насыщения																
Точка росы																
Термометр при барометре																
баром етр	<i>мм</i>															
	<i>мб</i>															
Давление на уровне моря																
Барометрическая тенденция (вид кривой и величина, мб)																
примечание																
Подпись наблюдателя																

**Приложение Г**  
*(обязательное)*  
**Поправки к термометрам ТМ 4**

Таблица Г.1 - Поправки к термометру стеклянному ртутному ТМ 4 (психрометрическому сухой)

Действительные показания термометра, °С	Поправки, °С	
-30	+ 0,03	(0)
-20	+ 0,03	(0)
-10	+ 0,05	(+0,1)
10	+0,03	(0)
20	-0,03	(0)
30	-0,05	(-0,1)
40	-0,05	(-0,1)

Таблица Г.2 - Поправки к термометру стеклянному ртутному ТМ 4(психрометрическому смоченный)

Действительные показания термометра, °С	Поправки, °С	
-30	-0,02	(0)
-20	-0,05	(-0,5)
-10	-0,03	(0)
10	+0,03	(0)
20	+0,05	(+0,1)
30	+0,06	(+0,1)
40	+0,05	(+0,1)

**Приложение Д**  
(обязательное)  
**Поправки к термометрам ТМ 1 и ТМ 2**

Таблица Д.1 - Поправки к термометру ТМ 1

Показания термометра, °С	Поправки, °С
-60	+0,30
-40	+0,80
-20	+0,50
+10	+0,35
+20	+0,25
+30	+0,20
Положение нулевой точки после	
+30 °С...	-0,35 °С
Поправки даны с округлением до 0,05 °С	

Таблица Д.2 - Поправки к термометру ТМ 2

Показания термометра, °С	Поправки, °С
-60	-1,80
-40	-0,75
-20	-0,25
+10	-0,25
+20	-0,50
+30	-0,70
Положение нулевой точки после	
+30 °С...	+0,25 °С
Поправки даны с округлением до 0,05 °С	

**Приложение Е**  
(обязательное)  
**Обозначения метеорологических явлений**

№№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0					⌒	∞	S	\$/l	⊖	(S)
1	=	≡	≡	∠	☺	) (	(•)	⊖	∇	) (
2	⌒	●	*	*]	~]	⊖]	*]	△]	≡]	⊖]
3	S	S	S	S	S	S	↕	↕	↕	↕
4	(≡)	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	∇	∇
5	,	”	;	”	;	”	~	~	;	;
6	•	••	••	••	••	••	~	~	*•	*•
7	*	**	*•	*•	*•	*•	↔	△	*•	△
8	⊖	⊖	⊖	⊖*	⊖*	⊖*	⊖*	△	△	△
9	△	⊖]	⊖]•	⊖]*	⊖]*	⊖]*	△	⊖]	⊖]	△

Рисунок Е.1 - Обозначения метеорологических явлений

Таблица Е. 1 - Пояснения к рисунку Е.1

Порядковый номер	Пояснения
04	видимость снижена из-за дыма (смога)
05	мгла
06	в воздухе содержатся частицы пыли, не поднятые ветром в районе станции в период наблюдений
07	ветер поднимает пыль или частицы песка в районе станции (или непосредственно на территории станции), но песчаная буря не наблюдается, не наблюдаются и песчаные вихри
08	хорошо оформленные песчаные или пыльные вихри в районе станции (или на ее территории) на момент наблюдений или в предшествующий час, но нет ни песчаной, ни пыльной бури
09	песчаная или пыльная буря, видимая со станции в момент наблюдений, или наблюдавшаяся в течение предшествующего часа на территории станции
10	дымка
11	"пятна" приземного тумана
12	сплошной слой приземного тумана. Высота слоя не выше 2 м на суше и не более 10 м над поверхностью воды
13	зарницы (видны молнии, но грома не слышно)
14	видны зоны выпадающих осадков из облаков, но осадки не достигают поверхности земли (моря)
15	видны выпадающие осадки, достигающие поверхности земли (моря), но на расстоянии более 5 км от станции
16	видны выпадающие осадки, достигающие поверхности земли (моря) рядом со станцией, но не на самой станции
17	гроза, но на момент наблюдений осадков нет
18	шквалы на территории станции или в пределах видимости
19	воронки под основаниями кучево-дождевой облачности, не достигающие поверхности земли в момент наблюдений или в течение предшествующего часа
20	морось или снежные зерна
21	дождь
22	снег
23	дождь со снегом, снежная крупа
24	переохлажденный дождь или морось (гололедные явления)
25	ливневый дождь
26	ливневый снег
27	ливневый град или ливневый дождь с градом
28	туман, ледяной туман

Продолжение таблицы Е.1

Порядковый номер	Пояснения
29	гроза (с осадками или без них)
30	слабая или умеренная песчаная или пыльная буря, интенсивность которой убывала в течение часа, предшествующего наблюдениям
31	слабая или умеренная пыльная или песчаная буря без изменения интенсивности в течение предшествующего часа
32	слабая или умеренная пыльная или песчаная буря, интенсивность которой увеличивалась в течение часа, предшествующего наблюдениям
33	сильная пыльная или песчаная буря, интенсивность которой убывала в течение часа, предшествующего наблюдениям
37	сильный поземок (но ниже уровня глаз наблюдателя)
38	слабая или умеренная метель
39	сильная метель
40	туман, видимый со станции в момент наблюдений, но не на территории станции в течение предшествующего часа
41	разорванный туман
42	туман, ставший тоньше за прошедший час; небо видно
43	туман, ставший тоньше за прошедший час; небо не видно
44	туман без изменений; небо видно
45	туман без изменений; небо не видно
46	туман либо образовался, либо усилился за прошедший час; небо видно
47	туман либо образовался, либо усилился за прошедший час; небо не видно
48	туман, сквозь который небо видно
49	туман, сквозь который небо не видно.
50	слабая морось с перерывами на момент наблюдений
51	слабая морось без перерывов на момент наблюдений
52	умеренная морось с перерывами на момент наблюдений
53	умеренная морось без перерывов на момент наблюдений
54	сильная (плотная) морось с перерывами на момент наблюдений
55	сильная (плотная) морось без перерывов на момент наблюдений
56	слабая переохлажденная морось
57	умеренная или сильная (плотная) переохлажденная морось
58	слабая морось с дождем
59	умеренный или сильный дождь с моросью

Продолжение таблицы Е.1

Порядковый номер	Пояснения
60	слабый дождь с перерывами на момент наблюдений
61	слабый дождь без перерывов на момент наблюдений
62	умеренный дождь с перерывами на момент наблюдений
63	умеренный без перерывов на момент наблюдений
64	сильный дождь с перерывами на момент наблюдений
65	сильный без перерывов на момент наблюдений
66	слабый переохлажденный дождь
67	умеренный или сильный переохлажденный дождь
68	слабый дождь (или морось) со снегом
69	умеренный или сильный дождь (морось) со снегом
70	слабый снег с перерывами на момент наблюдений
71	слабый снег без перерывов на момент наблюдений
72	умеренный снег с перерывами на момент наблюдений
73	умеренный снег без перерывов на момент наблюдений
74	сильный снег с перерывами на момент наблюдений
75	сильный снег без перерывов на момент наблюдений
76	ледяные иглы (с туманом или без него)
77	снежные зерна (с туманом или без него)
78	отдельные звездоподобные кристаллы снег
79	ледяной дождь
80	слабый ливневый дождь
81	умеренный или сильный ливневый дождь
82	сильнейший ливневый дождь
83	слабый ливневый снег с дождем
84	умеренный или сильный ливневый снег с дождем
85	слабый ливневый снег
86	умеренный или сильный ливневый снег
87	слабый ливневый мелкий град (снежная или ледяная крупа) с дождем или без него, или с дождем и снегом
88	умеренный или сильный мелкий град (снежная или ледяная крупа) с дождем или без него, или с дождем и снегом
89	слабый град с дождем или без него, или с дождем и снегом, не связанный с грозой
90	умеренный или сильный град с дождем или без него, или с дождем и снегом, не связанный с грозой
91	слабый дождь на момент наблюдений
92	умеренный или сильный дождь на момент наблюдений
93	слабый снег или дождь со снегом (или градом) на момент наблюдений

Продолжение таблицы Е.1

Порядковый номер	Пояснения
94	умеренный или сильный снег или дождь со снегом (или градом) на момент наблюдений
95	слабая или умеренная гроза без града, но с дождем или снегом на момент наблюдений
96	слабая или умеренная гроза с градом на момент наблюдений
97	сильная гроза без града, но с дождем или снегом на момент наблюдений
98	гроза, сопровождаемая песчаной или пылевой бурей на момент наблюдений
99	сильная гроза с градом на момент наблюдений

**Приложение Ж**  
(обязательное)  
**Актинометрические наблюдения**

Таблица Ж.1 – Наблюдения по актинометру и гальванометру

Актинометр N				Место нуля гальванометра до наблюдения $N_0 =$			
Гальванометр N				Переводной множитель a =			
Время наблюдений			$h_{\text{солнца}},$ $\sin h_{\text{солнца}}$	Отсчёты гальванометра, N	$N_{\text{ср}} \pm \Delta N_{\text{ср}} - N_0$	N исправленное	Расчёты радиации S, S'
Декретное	Среднее солнечное	истинное					

Таблица Ж.2 - Продолжительность солнечного сияния (в % от возможной)

Восход	Закат	Продолжительность солнечного сияния		Продолжительность солнечного сияния (в % от возможной)
		Фактическая	Возможная	

## Приложение И

(обязательное)

### Вопросы для самоподготовки

1. Предмет, задачи метеорологии и климатологии. Атмосфера, погода, климат, теплооборот, влагооборот, атмосферная циркуляция, климатообразование.
2. Различные методы наблюдения и эксперимента в климатологии.
3. Воздух: температура, состав, плотность, атмосферное строение.
4. Строение атмосферы.
5. Примеси в атмосферном воздухе. Электрическое поле атмосферы.
6. Адиабатические изменения состояния воздуха в атмосфере (сухоадиабатические, влажноадиабатические изменения температуры, аэрологическая диаграмма).
7. Ветер: скорость, направление, турбулентность.
8. Радиация в атмосфере. Спектральный состав солнечной радиации.
9. Солнечная постоянная. Прямая, рассеянная, суммарная солнечная радиация.
10. Отражение солнечной радиации. Поглощенная радиация. Альbedo Земли.
11. Излучение земной поверхности. Встречное излучение. Эффективное излучение.
12. Географическое распределение суммарной радиации. Географическое распределение радиационного баланса.
13. Барическое поле. Карты барической топографии.
14. Колебания давления. Междусуточная изменчивость давления. Годовой ход давления. Месячные и годовые аномалии.
15. Геострофический ветер. Градиентный ветер. Термический ветер.
16. Фронты в атмосфере, типы фронтов.
17. Причины изменения температуры воздуха. Тепловой баланс земной поверхности.
18. Различия в тепловом режиме почвы и водоемов. Суточный и годовой ход температуры на поверхности почвы и на поверхности водоемов.
19. Континентальность климата. Типы годового хода температуры.
20. Стратификация атмосферы и вертикальное равновесие для сухого и насыщенного воздуха.
21. Стратификация воздушных масс. Инверсии температуры.
22. Испарение и насыщение. Географическое распределение испаряемости и испарения.
23. Масштабы атмосферных движений.
24. Общая циркуляция атмосферы.