

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА**

В. Н. Сорокина, Г. В. Суркова

**РУКОВОДСТВО
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО КЛИМАТОЛОГИИ И МЕТЕОРОЛОГИИ**

**Географический факультет МГУ
2011**

УДК 551
ББК 26.23
С65

Рецензенты: канд. геогр. наук Е. А. Божилина
д-р биол. наук И. А. Шульгин

*Печатается по постановлению
Ученого совета географического факультета
Московского государственного университета
имени М. В. Ломоносова*

Сорокина В. Н., Суркова Г. В.

**С65 РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО КЛИМАТОЛОГИИ И МЕТЕОРОЛОГИИ:** Учебное
пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2011. – 180 с.
ISBN 978–5–89575–201–2

Учебное пособие содержит руководство к лабораторным занятиям по климатологии и метеорологии для студентов первого курса географического факультета МГУ. Содержание и построение пособия соответствуют учебной программе курса «Климатология с основами метеорологии». Руководство выполнено в соответствии с Наставлениями и Климатическими справочниками Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ и может быть использовано студентами других вузов, обучающимися по направлениям «География» и «Гидрометеорология».

УДК 551
ББК 26.23

ISBN 978–5–89575–201–2 © Сорокина В. Н., Суркова Г. В., 2011
© Географический факультет МГУ, 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство к лабораторным занятиям по климатологии и метеорологии содержит описание метеорологических и актинометрических приборов, методов наблюдений, первичной обработки результатов наблюдений. По каждой теме разработаны задания и сформулированы контрольные вопросы для самопроверки, способствующие усвоению студентами лекционного курса и приобретению навыков в работе с основными приборами и установками, применяемыми на метеорологических станциях и в полевых условиях. Пособие знакомит студентов с основными климатологическими материалами и методикой составления климатических характеристик территорий, что необходимо для географа любой специальности.

Авторы руководства выражают глубокую благодарность своим учителям и коллегам А. П. Волошиной, Т. В. Евневич, А. И. Земцовой – авторам (совместно с В. Н. Сорокиной) опубликованного в 1975, 1997 гг. «Руководства к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии», идеология и структура которого унаследованы в новом учебном пособии.

Содержание лабораторных занятий соответствует программе лекционного курса «Климатология с основами метеорологии», читаемого на географическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова. Пособие может быть использовано студентами вузов, обучающимися по направлениям «География» и «Гидрометеорология».

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В РОССИИ

Метеорология изучает физические явления и процессы, протекающие в земной атмосфере. Основным методом исследования, применяемым в метеорологии, является *наблюдение*. Выбор метода обусловлен самим существом науки, требующей изучения атмосферных явлений в естественной обстановке.

Метеорологические наблюдения – это измерения и качественные оценки метеорологических элементов и явлений. К ним относятся: температура и влажность воздуха, атмосферное давление, ветер, облачность, осадки, туманы, метели, грозы, видимость. Сюда же присоединяются и некоторые величины, непосредственно не отражающие свойства атмосферы или атмосферных процессов, но тесно связанные с ними. Таковы температура почвы или поверхностного слоя воды, испарение, высота или состояние снежного покрова, продолжительность солнечного сияния, солнечное и земное излучение, атмосферное электричество.

Имея дело с атмосферными явлениями большого масштаба, нельзя ограничиться случайными наблюдениями в единичных пунктах. Нужна организация наблюдений, позволяющая непрерывно следить за состоянием атмосферы на всем земном шаре у поверхности земли и на разных высотах. Достичь этого можно лишь путем создания в каждой стране сети метеорологических станций для регулярных наблюдений по единой программе с использованием однотипных приборов.

Изучение распределения метеорологических элементов в пространстве и их изменений во времени показало, что часть из них, например, атмосферное давление, температура, скорость и направление ветра, изменяются от пункта к пункту менее резко, чем осадки, облачность и некоторые атмосферные явления, зависящие от местных условий. В связи с этим, кроме станций, ведущих наблюдения по более или менее полной программе, существуют допол-

нительные пункты наблюдений для изучения местных особенностей в распределении и режиме осадков, снежного покрова, повторяемости гроз, метелей, туманов и др. Такие пункты носят название *постов*.

Кроме станций и постов метеорологические наблюдения проводятся также в обсерваториях, где они ведутся по самой обширной программе.

Метеорологическая сеть строится таким образом, чтобы для любой точки территории страны можно было бы с достаточной степенью точности получить данные о текущих условиях погоды и о климате местности. В равнинных условиях для получения полной характеристики температурного режима необходимо иметь сеть станций, расположенных на расстоянии 50 км друг от друга, в горных местностях – меньше 30–40 км. Атмосферные осадки отличаются большой изменчивостью в пространстве и во времени, и поэтому расстояния между дождемерными постами должны быть на равнинах порядка 20–30 км, а в горных районах – 15–20 км.

При планировании размещения метеорологических станций в основном учитывается радиус действия станций, установленный для температуры, а при организации постов – радиус действия, установленного для осадков.

Результаты наблюдений метеорологических станций и постов в целях их сравнимости должны обладать определенной степенью точности и однородности. Это достигается путем использования однотипных, проверенных, одинаково на всех пунктах установленных приборов, проведением наблюдений по единой методике в строго определенные сроки и однородной обработкой результатов наблюдений. Проведение в жизнь всех перечисленных условий обеспечивается наличием инструкций и наставлений, а также регулярно действующей инспекцией станций и постов.

Метеорологическая станция располагается так, чтобы наблюдения освещали метеорологические условия прилегающего к станции района, чтобы они были показательны (репрезентативны) для данного района. Нельзя размещать площадку вблизи глубоких оврагов, обрывов и других неровностей рельефа. Выбор места для площадки играет первостепенную роль. Площадка должна располагаться на открытом и ровном месте. Вблизи ее не должно быть предметов, оказывающих влияние на показания приборов. Невы-

сокие препятствия (отдельные деревья, постройки и т. п.) должны находиться от площадки на расстоянии не менее десятикратной их высоты. Значительные же по протяженности препятствия – леса, сплошные линии домов городских улиц – должны отстоять от площадки на расстоянии не меньшем их двадцатикратной высоты.

На площадке устанавливаются все метеорологические приборы, за исключением барометров, барографов и регистрирующих частей автоматических приборов, которые помещаются в здании. Здание станции не должно быть слишком удалено от площадки.

Работа станции заключается в проведении регулярных наблюдений по установленной программе, а также в первичной обработке результатов наблюдений. По окончании обработки после каждого срока данные метеорологических и актинометрических наблюдений на станциях передаются в центры Росгидромета по сбору данных. На метеорологических станциях, где наблюдения выполняются с использованием автоматических метеорологических станций, передача данных наблюдений происходит в автоматическом режиме после каждого срока наблюдений.

II. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВРЕМЕНИ

В настоящее время метеорологические наблюдения во всем мире проводятся одновременно на всех станциях по среднему гринвичскому времени (СГВ) в следующие сроки: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч. Исключением являются актинометрические наблюдения, проводящиеся по так называемому среднему солнечному времени в сроки 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин, 18 ч 30 мин.

В последние десятилетия синхронизация наблюдений производится также по всемирному скоординированному времени (ВСВ, англ. — UTC, *universal time coordinated*), которое совпадает с гринвичским временем до секунды, но является более точным. Шкала ВСВ определяется по атомным часам, в то время как шкала СГВ определяется по наблюдениям суточного движения звезд, которое нестабильно.

Основой для определения времени служит видимое суточное движение Солнца по небесному своду. Момент, когда Солнце находится точно на юге, т. е. на меридиане данного места, называется *истинным полднем*. Промежуток времени между двумя истинными полднями двух соседних суток называется *истинными солнечными сутками*. Продолжительность их меняется в течение года вследствие неравномерного движения Земли вокруг Солнца и изменениями наклона эклиптики к экватору.

Для удобства измерения времени приняты *средние солнечные сутки*, величина которых в течение года не меняется и равна средней за год продолжительности истинных солнечных суток (24 ч).

Разность между средним и истинным солнечным временем называется «*уравнением времени*». Наибольших значений оно достигает два раза в году: в середине февраля (+14,5 мин) и начале ноября (–16,3 мин); четыре раза в год оно обращается в ноль, т. е. среднее солнечное время совпадает с истинным: в

середине апреля, в середине июля, в начале сентября и в конце декабря.

Имея уравнение времени (которое обычно приводится в приложении к метеорологическим пособиям), можно вычислить среднее солнечное время, если известно истинное время, и наоборот:

$$T = \tau + \eta,$$

где T – среднее солнечное время, τ – истинное солнечное время, η – уравнение времени.

Среднее солнечное время одинаково для всех точек, расположенных на одном меридиане, и различно для двух соседних меридианов.

В быту для упрощения счета времени принята система *поясного времени*. Весь земной шар разделен по меридианам на 24 часовых пояса по 15° в каждом (от 0 до 23). Счет поясов ведется на восток от нулевого (гринвичского) меридиана, который является средним меридианом нулевого пояса. Граничными для этого пояса служат $7^\circ 30'$ з. д. и $7^\circ 30'$ в. д. В пределах этого часового пояса пользуются средним солнечным временем нулевого меридиана, которое и называется *поясным*. Первый пояс ограничен меридианами $7^\circ 30'$ в. д. и $22^\circ 30'$ в. д. и имеет поясное время, равное среднему солнечному времени для 15° в. д. Таким образом, долгота средних меридианов часовых поясов кратна 15.

Практически границы поясов совпадают с меридианами только в открытом море и в малонаселенных местностях. Во всех других местах при проведении границ поясов принимались во внимание административно-политические границы государств и областей и экономические связи соседних территорий (рис. 2.1).

В России с 1930 г. принято так называемое декретное время, равное поясному времени плюс 1 ч. С 1981 г. осуществляется переход на летнее время, т. е. в период с апреля по октябрь прибавляется еще 1 ч. С марта 2011 г. этот дополнительный час сохраняется на протяжении всего года (осенний перевод часов на «зимнее время» отменен).

Точный расчет времени, в частности, определение истинного солнечного времени, требуется не только для синхронизации работы метеорологических станций, но также для вычисления высоты Солнца.

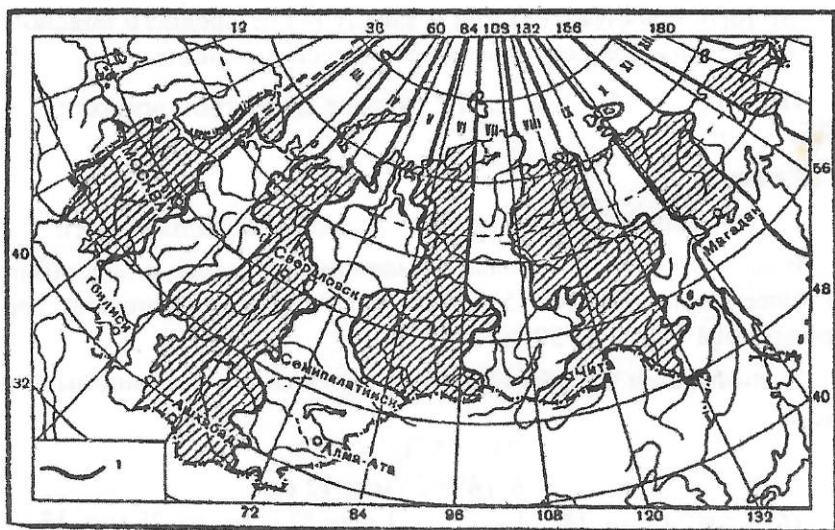


Рис. 2.1. Часовые пояса: 1 – границы поясов

Перевод среднего солнечного времени в летнее декретное и обратно

Для вычисления среднего солнечного времени необходимо знать долготу пункта с точностью до минут и декретное (или поясное) время.

Известно, что 360° дуги соответствуют 24 ч времени, так как Земля совершает полный оборот вокруг собственной оси за 24 ч. Тогда 15° дуги – 1 ч времени, 1° – 4 мин, $1'$ – 4 с.

Если дано декретное летнее время, расчет среднего солнечного времени производится по следующей схеме:

- получаем поясное время, вычитая из данного декретного летнего времени 2 ч;
- рассчитываем разность между средним меридианом пояса, в пределах которого лежит данный пункт, и долготой пункта;
- пользуясь соотношениями географической долготы и времени (см. выше), переводим эту разность в единицы времени;
- разность долгот, переведенную в единицы времени, прибавляем к поясному времени или вычитаем из него, в зависимости

от того, к востоку (+) или к западу (-) от среднего поясного меридиана находится метеорологическая станция.

Пример. $\lambda=68^{\circ}42'$ в. д.; T' (летнее декретное время)=12 ч;
 $T(\text{ср. солн.})=?$

Решение

1. Определяем, в каком поясе находится указанный пункт.

В данном случае центральным меридианом часового пояса (ближайшее число, кратное 15) является 75° в. д., следовательно, границы пояса есть $-67^{\circ}30'$ и $82^{\circ}30'$.

2. Вычисляем разность долгот и переводим ее в единицы времени:

$$75^{\circ}-68^{\circ}42' = 6^{\circ}18',$$

$$6^{\circ}18' = 25 \text{ мин } 12 \text{ с,}$$

($6^{\circ} \times 4 = 24 \text{ мин}$, $18' \times 4 = 72 \text{ с} = 1 \text{ мин } 12 \text{ с}$, итого: 25 мин 12 с).

3. Вычисляем поясное время данного пункта:

$$T' = 12 \text{ ч} - 2 \text{ ч} = 10 \text{ ч.}$$

4. Вычисляем среднее солнечное время данного пункта:

$$T(\text{ср. солн.}) = 10 \text{ ч} - 25 \text{ мин } 12 \text{ с} = 9 \text{ ч } 24 \text{ мин } 48 \text{ с}$$

Ответ: $T(\text{ср. солн.}) = 9 \text{ ч } 24 \text{ мин } 48 \text{ с}$

При определении среднего солнечного времени в данной задаче вычитаем разность во времени (25 мин 12 с), так как станция находится к западу от среднего меридиана. Это значит, что при видимом движении Солнца с востока на запад одно и то же его положение будет наблюдаться сначала на среднем меридиане пояса, а затем уже на меридиане данного пункта. Если бы станция находилась к востоку от осевого меридиана, поправка времени имела бы знак «плюс».

Задачи

2.1. Долгота станции $93^{\circ}15'$ в. д. Определить среднее солнечное время, если летнее декретное время равно а) 18 ч 30 мин; б) 0 ч 40 мин.

2.2. Какова разница во времени между пунктами $10^{\circ}10'$ з. д. и $64^{\circ}17'$ з. д.: а) в пояском; б) в среднем солнечном времени?

2.3. Долгота станции $79^{\circ}16'$ в. д. Какое время должны показывать часы станции, идущие по среднему солнечному времени, в момент радиосигнала из Москвы в 12 ч?

2.4. Среднее солнечное время в пункте А ($\lambda=129^{\circ}43'$ в. д.) равно 13 ч. Чему равно летнее декретное и среднее солнечное время в этот момент в пунктах Б ($\lambda=48^{\circ}01'$ в. д.), В ($\lambda=92^{\circ}49'$ в. д.) и Г ($\lambda=131^{\circ}55'$ в. д.)?

III. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Атмосферное давление – вес столба воздуха, приходящийся на единицу площади (1 м^2).

Атмосферное давление измеряется на всех метеорологических станциях. Его необходимо знать для составления приземных синоптических карт, отражающих состояние погоды в определенный момент времени. Данные об атмосферном давлении находят широкое применение в различных отраслях науки, промышленности, сельском хозяйстве и т. д.

Единицей для измерения атмосферного давления в соответствии с Международной системой единиц (система СИ) в настоящее время служит Паскаль (Па). Один Паскаль – это давление силой в один Ньютон (Н), приходящееся на 1 м^2 ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$). В метеорологии чаще используется гектопаскаль (гПа), $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$.

Единицами измерения атмосферного давления служат также миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.) и миллибар (мб). Миллиметр рт. ст. – это изменение атмосферного давления, соответствующее поднятию или опусканию ртутного столба в барометре на 1 мм. Миллибар – единица системы СГС (сантиметр-грамм-секунда), 1 мб – это давление, равное силе в 1000 дин, действующей на 1 см^2 (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Соотношение между единицами давления

гПа	Па	мм рт. ст.	мб
1	100	0,75	1
1,33	133	1	1,33

Среднее давление на уровне моря составляет 1013,3 гПа (760 мм рт. ст.). Эта величина соответствует понятию «нормальные» физические условия, с которыми соотносят состояние вещества по определению Международного союза практической и при-

кладной химии ($p = 1013,25$ гПа или 760 мм рт. ст., $t = 0^{\circ}\text{C}$). «Стандартными» называются условия при $p = 1000$ гПа и $t = 25^{\circ}\text{C}$.

В зависимости от назначения модели приборов для измерения атмосферного давления различны, но все они делятся на три типа (рис. 3.1): ртутные барометры (или манометры), anerоиды и гипсотермометры.

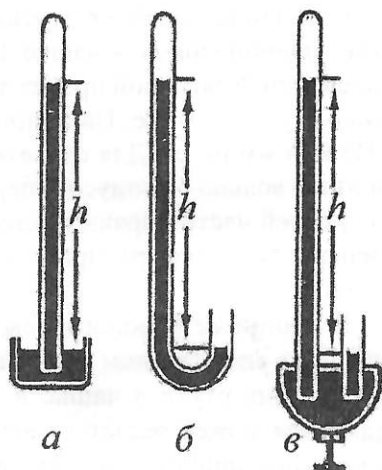


Рис. 3.1. Виды ртутных барометров: а – чашечный; б – сифонный; в – сифонно-чашечный

Ртутные барометры

Этот вид приборов отличается наибольшей точностью и используется в основном для измерения атмосферного давления на метеорологических станциях. В зависимости от устройства сосудов, наполняемых ртутью, ртутные барометры делятся на три вида: чашечные, сифонно-чашечные и сифонные. Чаще всего используется первый вид.

Чашечный барометр имеет следующее устройство (рис. 3.2). Стекло́нная трубка 1, запаянная сверху и наполненная дистиллированной ртутью, погружена нижним открытым концом в пластмассовую или металлическую чашку 2 с ртутью. Чашка сообщается с наружным воздухом через отверстие, закрываемое винтом 3. Воздух в верхней части стеклянной трубки отсутствует, поэтому под действием внешнего давления воздуха на поверхность ртути в чашке столбик ртути в трубке поднимается до определенной высоты. Вес столба ртути равен атмосферному давлению.

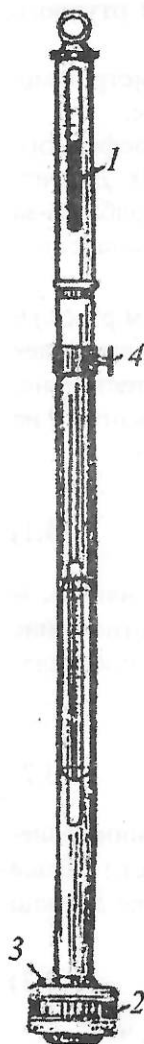


Рис. 3.2. Чашечный барометр

Стеклянная трубка с ртутью помещается в металлическую оправу, привинченную к чашке. В верхней части этой оправы сделан продольный сквозной прорез для наблюдения за положением столбика ртути в трубке. На одной стороне прореза нанесена шкала в гПа или мм рт. ст. Для отсчета десятых долей внутри оправы находится кольцо с нониусом, перемещаемым вдоль шкалы винтом 4. В средней части оправы вмонтирован термометр, по которому измеряют температуру прибора перед отсчетом высоты ртутного столба.

В здании метеорологической станции ртутный барометр помещается в специальном шкафчике, укрепляемом на стене.

Уровень ртути в чашке вследствие колебаний атмосферного давления может оказаться выше или ниже нуля шкалы. Для исключения ошибок в определении высоты ртутного столба из-за несовпадения применяется особая, так называемая компенсированная шкала с делениями меньше 1 мм.

При повышении давления на единицу (например, 1 мм рт. ст.) и ртуть в трубке должна подняться на одно деление шкалы, далее обозначенное через x . При этом, естественно, уровень ртути в чашке должен понизиться на величину y (рис. 3.3). Очевидно, что

$$\frac{y}{x} = \frac{\pi \cdot r^2}{\pi \cdot R^2}, \quad (3.1)$$

где r – радиус трубки, R – радиус чашки. В стационарных чашечных барометрах отношение сечения трубки к сечению чашки составляют 0,02, т. е.

$$\frac{y}{x} = 0,02. \quad (3.2)$$

Очевидно также, что при изменении давления воздуха на единицу (1 мм рт. ст.) общее изменение уровней в трубке и чашке должно быть 1 мм. Следовательно,

$$x + y = 1 \text{ или } y = 1 - x. \quad (3.3)$$

Из отношений (3.2) и (3.3) находим, что

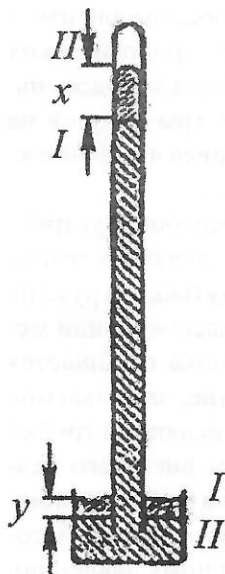


Рис.3.3. К расчету компенсированной шкалы

$$\frac{1-x}{x} = 0,02,$$

откуда $x = 0,98$ мм. Таким образом, одно деление шкалы чашечного барометра равно 0,98 мм. Для шкалы, градуированной в гПа, $x = 0,735$ мм.

Поправки чашечного барометра. Для нахождения высоты ртутного столба, соответствующей величине атмосферного давления в том или ином пункте, к отсчету по ртутному барометру вводятся поправки:

- инструментальная;
- температурная;
- на ускорение силы тяжести в зависимости от широты места и от высоты места над уровнем моря.

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

$$p = Hdg, \quad (3.4)$$

где d – плотность ртути, g – ускорение силы тяжести. Величины d и g не обладают полным постоянством: непосредственные отсчеты высоты ртутного столба H по барометру, сделанные при разных значениях температуры и ускорения силы тяжести, несравнимы между собой. Их нужно приводить к единым (стандартным, нормальным) условиям путем введения соответствующих поправок.

Инструментальная поправка. Поправка вводится для коррекции неточностей в показаниях барометра, связанных с несовершенством в его изготовлении, например, неточной пригонкой шкалы, изменением радиуса трубки в разных ее частях и т. д. Инструментальную поправку находят путем сравнения показаний данного прибора с эталоном и помещают в паспорте, прилагаемом к прибору.

Температурная поправка. При повышении температуры ртуть расширяется, плотность ее уменьшается, и высота ртутного столба оказывается завышенной по сравнению с наблюдениями при температуре 0°C , которая и принимается за «нормальную». Таким образом, температурная поправка при температуре выше 0°C

будет иметь знак минус, а при отрицательной температуре знак плюс.

Поправка на ускорение силы тяжести. Ускорение силы тяжести, определяемое расстоянием от центра Земли, имеет наибольшее значение на полюсах, наименьшее – у экватора. Кроме того, оно уменьшается по мере подъема вверх от уровня моря. Для сравнения всех наблюдений над давлением, проведенных на различных широтах и высотах над уровнем моря, их приводят к единой (стандартной) силе тяжести. За стандартное принято ускорение силы тяжести на широте 45° и на уровне моря. В низких широтах (от 0° до 45°) показания ртутного барометра оказываются завышенными, а в высоких (от 45° до 90°) – заниженными по сравнению с широтой 45° . С поднятием вверх от уровня моря показания также будут завышаться.

Приведение давления к уровню моря

Исправленная величина давления (отсчет по прибору + поправки) выражает собой вес атмосферного столба на уровне станции. Для сопоставления данных по атмосферному давлению метеорологических станций, находящихся на разной абсолютной высоте, давление обычно «приводят» к уровню моря (рис. 3.4). Привести к уровню моря – это значит к исправленной величине атмосферного давления на уровне станции прибавить вес воздушного столба Δp от уровня станции до уровня моря, выраженный в единицах давления:

$$P_{ур.м.} = P_{ур.ст.} + \Delta p. \quad (3.5)$$

Величину Δp для разных величин давления и температуры находят по специальным таблицам (Приложение 3).

Барометр-анероид

Принцип действия анероида основан на упругой деформации приемника под влиянием изменения атмосферного давления.

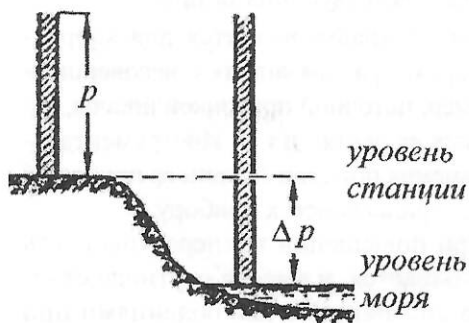


Рис. 3.4. Приведение давления к уровню моря

В качестве приемника употребляется металлическая anerоидная коробка А (рис. 3.5) с гофрированными дном и крышкой. Воздух из коробки выкачивается почти полностью. Чтобы коробка не сплющивалась давлением окружающего воздуха, сильная пружина Б оттягивает крышку коробки, приводя ее в равновесие. При увеличении внешнего давления крышка будет немного вдавливаться внутрь коробки, при уменьшении – под действием пружины подниматься вверх. Величина деформации коробки при изменении давления очень мала (0,3 мм при изменении давления на 80 мм рт. ст., или 106,4 гПа). Но под действием системы рычагов эти незначительные колебания крышки коробки увеличиваются в 200–800 раз и передаются на стрелку В, перемещающуюся вдоль шкалы с делениями. В anerоиде вмонтирован дугообразный термометр для измерения температуры прибора. Весь механизм anerоида помещается в металлический или пластмассовый корпус со стеклянной крышкой.

В настоящее время выпускаются также беспружинные anerоиды. Роль пружины в них выполняют упругие крышки коробки. Приемник давления в этих anerоидах состоит из 5–6 коробок.

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

Шкаловая поправка. Anerоидная шкала делается стандартной для всех anerоидов данного типа. Между тем в каждом anerоиде могут быть свои инструментальные неточности и особеннос-

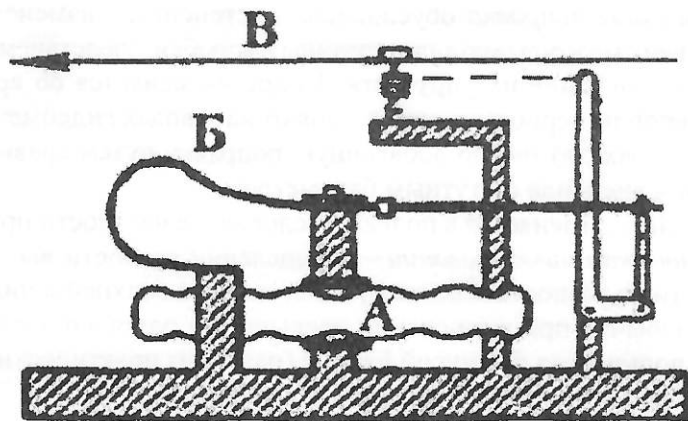


Рис. 3.5. Схема anerоида: А – anerоидная коробка, Б – пружина, В – стрелка

ти в передаточном механизме. Вследствие этого показания анероида могут отличаться от истинного давления, причем величина несоответствия в разных участках шкалы – неодинакова. В целях выявления этих ошибок анероиды сравниваются при различном давлении, создаваемом в барокамере, с точным ртутным манометром, и таким образом получают их шкаловые поправки.

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

В паспорте прибора дается температурный коэффициент K , обозначающий изменение показаний анероида при повышении или понижении температуры на 1°C . Для уменьшения величины температурного коэффициента в анероидах применяются два вида компенсации: а) биметаллической пластинкой-компенсатором, состоящем из двух металлов с разными коэффициентами расширения; б) компенсация газом, состоящая в том, что в анероидной коробке при изготовлении оставляют немного газа (обычно азота). Применяется преимущественно второй вид компенсации.

Величина поправки для приведения показания анероида к 0°C равна $X=Kt$, где t – температура прибора.

Добавочная поправка обусловлена постепенным изменением внутренней структуры металла пружины и коробки, следствием чего является изменение их упругости. Поправка меняется со временем. Анероиды периодически проверяют на заводах гидрометприборов, где находят новую добавочную поправку путем сравнения показаний анероида с ртутным барометром.

Анероид применяется в полевых условиях, в частности при *барометрическом нивелировании* – определении разности высот на местности по разности давлений, измеренных в верхней и нижней точках. Обычно при вычислении превышения одного пункта над другим пользуются формулой Бабинэ (одним из практических вариантов барометрической формулы):

$$H = 16000 \cdot (1 + \alpha \cdot \bar{t}) \frac{P_n - P_g}{P_n + P_g}, \quad (3.6)$$

где α – коэффициент расширения воздуха, равный 0,00366, \bar{t} – среднее значение температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), измеренное в нижней и верхней точках, p_n – давление в нижнем пункте, p_a – давление в верхнем пункте.

Вывод (6) основан на предположении, что давление и температура изменяются с высотой равномерно, поэтому формула Бабинэ пригодна для определения превышения только до небольших высот (до 1000 м).

Барограф

Барографом называют прибор, служащий для непрерывной регистрации колебаний атмосферного давления (рис. 3.6). Барограф состоит из трех частей: приемной (датчик), передающей и регистрирующей.

Приемной частью, реагирующей на изменения давления, служит система анероидных коробок, свинченных между собой. Чтобы коробки, из которых воздух выкачивается почти полностью, не сплющивались внешним давлением, внутри каждой из них помещена пружина в виде рессоры (рис. 3.6, б). Роль пружины могут выполнять также стенки самих коробок.

Верхняя коробка соединяется с рычагом передающего механизма. Величина деформации коробок очень мала, но при передаче на перо она увеличивается рычагами в 80–100 раз.

Для уменьшения влияния температуры на показания барографа в его нижней части вмонтирован биметаллический компенсатор, изготовленный путем сварки стальной и медной пластинок. Нижний конец столбика свинченных анероидных коробок упирается в компенсатор. При повышении температуры упругость пружин внутри коробок ослабевает, и барограф должен показать величину давления больше действительного. Но этого не происходит, так как при повышении температуры биметаллическая пластинка прогибается немного кверху вследствие разных коэффициентов расширения меди и стали. Вместе с ней поднимается вверх и весь столбик коробок. Таким образом, под действием компенсатора не происходит уменьшения высоты столбика коробок вследствие повышения температуры. Иногда вместо биметаллического компенсатора в анероидных коробках оставляют немного газа, который также оказывает компенсирующее действие.

Регистрирующая часть барографа представляет собой барабан с часовым механизмом внутри (рис. 3.6, а). На барабан надевается бумажная лента, на которой нанесены горизонтальные и дугообразные деления сверху вниз; горизонтальные линии соответствуют атмосферному давлению в гПа, дугообразные – интервалу времени. Если самописец недельный (один оборот барабана совершается один раз в неделю), дугообразные деления на ленте проводятся через 2 ч, в суточных барографах – через 15 мин.

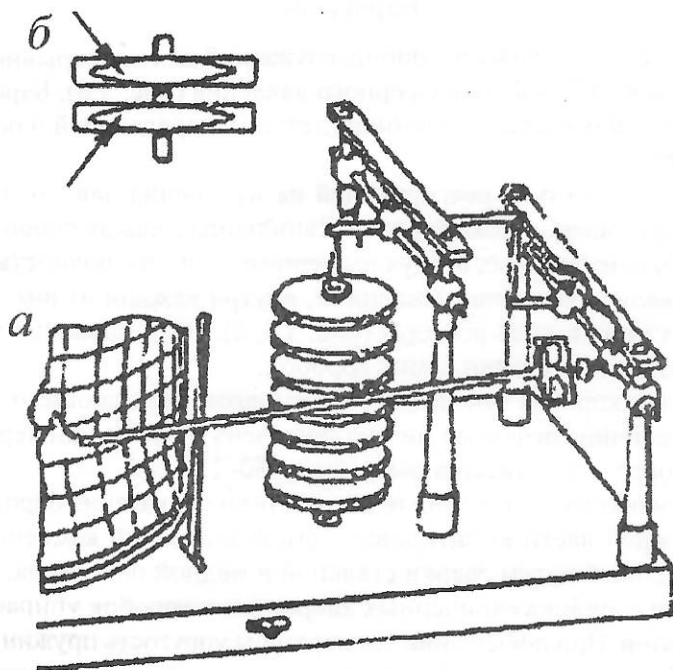


Рис. 3.6. Устройство барографа: а – барабан, б – анероидные коробки

На конце стрелки, соединенной посредством рычагов с анероидными коробками, насажено перо, которое при подготовке самописцев к работе наполняется специальными чернилами. При вращении барабана перо, касаясь ленты, оставляет на ней запись соответственно колебаниям атмосферного давления. Нажим пера на ленту регулируется поворотом рамки, укрепленной у основания

стрелки. В дне футляра имеется отверстие, в котором находится четырехгранный винт. Вращая этот винт специальным ключом, прилагаемым к прибору, можно установить перо на нужном делении ленты.

Показания барографа нужно систематически сравнивать с данными ртутного барометра. Для этого в срочные часы наблюдений на ленте барографа делается засечка (осторожным поднятием пера на 2–3 мм). Обработка лент суточного барографа производится так же, как и лент термографа (см. раздел V. Температура почвы, воды и воздуха).

В сроки наблюдений по записи недельного барографа определяют *барическую тенденцию* – величину, знак и характер изменения давления за последние три часа.

ЗАДАНИЕ 3.1. Определение атмосферного давления по чашечному ртутному барометру

Принадлежности: разборный чашечный барометр, действующий чашечный барометр.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством чашечного барометра по разборному экземпляру прибора.

2. Начертить схему чашечного барометра.

3. Произвести отсчет по чашечному барометру, установленному в шкафчике:

- сделать отсчет по термометру при барометре с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$;
- слегка постучать по верхней части защитного цилиндра, чтобы мениск ртути принял нормальное положение;
- установить линию взгляда на уровне вершины мениска и, вращая винт нониуса, опустить визирное кольцо с нониусом до соприкосновения его нижнего среза с вершиной мениска, причем по краям должны оставаться просветы;
- произвести отсчет целых делений по основной шкале (в месте расположения нижнего среза нониуса) и десятых долей по совпадению одного из делений нониуса с делением шкалы.

4. В полученный отсчет давления ввести поправки: инструментальную, температурную, на силу тяжести (в зависимости от широты и высоты над уровнем моря).

Инструментальная поправка дается в паспорте каждого барометра, остальные поправки найти в Приложениях 1 и 2 данного пособия, используя интерполяцию между строками и столбцами с точностью до сотых долей гектопаскаля.

Пример. Найти поправку на силу тяжести, если широта равна $55^{\circ} 30'$ с. ш., $p=944,8$ гПа.

В Приложении 2 находим поправки для 55° с. ш. и 56° с. ш., для 940 гПа и 950 гПа (табл. 3.1.1)

Рассчитываем точные значения для заданной широты $55^{\circ} 30'$ с.ш.: сначала интерполируем в столбике, затем – в строке (табл. 3.1.1).

5. Найти истинное значение давления, измеренного ртутным барометром, рассчитав алгебраическую сумму отсчета по барометру и всех поправок.

6. Все записи сделать по форме табл. 3.1.2.

Таблица 3.1.1

Поправки для приведения показаний барометра к нормальной силе тяжести и их интерполяция

Широта, град.	Давление, гПа	
	940	950
55°	0,83	0,84
56°	0,91	0,92
Результат интерполяции в столбике для широты $55^{\circ} 30'$	0,87	0,88
Результат интерполяции вдоль строки для давления 944,8 гПа	0,87	

Контрольные вопросы

1. Почему барометры наполняются обычно ртутью, а не другой жидкостью, например, маслом?

2. Что такое компенсированная шкала, в каких видах барометров она применяется?

Таблица 3.1.2

**Определение атмосферного давления на уровне станции
и на уровне моря**

широта станции 55°42' с. ш.

высота барометра над ур. моря 287 м

Температура воздуха (на улице на уровне станции), °С	Температура при барометре, °С			Отсчет по барометру, гПа	Поправки, гПа				Исправленное значение давления, гПа	
	отсчет	поправка	исправленная величина		инструментальная	температурная	на силу тяжести		на уровне станции	на уровне моря
							с учетом широты	с учетом высоты над уровнем моря		

3. Какой знак будет иметь поправка на силу тяжести на а) 22° с.ш.; б) 58° ю.ш.?

4. Для чего показания барометра приводятся к 0°С температуры и 45° широты?

5. Что значит «привести давление к уровню моря»?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему чашечного барометра,
- результаты обработки отсчета атмосферного давления по чашечному барометру (по форме таблицы 3.1.2),
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 3.2. Определение превышения двадцатого этажа над первым в секторе «А» главного здания МГУ барометром-анероидом

Принадлежности: барометр-анероид.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством анероида. Вычертить схему прибора.

2. Отсчитать давление по анероиду на 20-м этаже, для чего:

- поставив анероид на стол, открыть крышку футляра;
- отсчитать по термометру при анероиде температуру прибора с точностью до $0,1^\circ$;
- постучав слегка пальцем по стеклу анероида (для преодоления трения в передаточном механизме), сделать отсчет положения стрелки на шкале с точностью $0,1$ гПа. *При отсчете положения стрелки необходимо держать линию взгляда в плоскости, перпендикулярной циферблату и проходящей через ось стрелки.*

3. Спуститься на лифте на первый этаж и через 3–5 мин взять отсчеты по термометру и шкале анероида (преодолев инерцию прибора легким постукиванием по стеклу).

4. Все наблюдения записать по форме табл. 3.2.1.

5. Ввести к показаниям анероида поправки, взятые из паспорта прибора.

6. При вычислении температуры наружного воздуха на уровне 20-го этажа необходимо учитывать, что изменение температуры воздуха с высотой составляет в среднем $0,6^\circ\text{C}$ на 100 м.

7. Вычислить превышение 20-го этажа над первым, пользуясь барометрической формулой (3.6).

8. На основе полученных данных барометрического нивелирования рассчитать величины:

- вертикального барического градиента dp/dz (изменение давления на 100 м высоты);
- барической ступени dz/dp (высоты, соответствующей изменению давления на единицу).

Результаты расчетов записать в тетрадь.

Контрольные вопросы

1. Что такое температурная компенсация? Как она осуществляется в анероиде?

Таблица 3.2.1

Определение превышения барометром-анероидом

Время и место наблюдений _____

Этаж	Температура воздуха на улице, °С	Анероид					Исправленное значение, гПа	Превышение 20-го этажа над 1-м, м
		Отсчеты		Поправки к отсчету по шкале анероида				
		по термометру при анероиде, °С	по шкале анероида, гПа	шкаловая	температурная	добавочная		
20-й								
1-й								
Вертикальный барический градиент dp/dz , гПа/100 м								
Барическая ступень dz/dp , м/1 гПа								

2. Как определяется добавочная поправка анероида, меняется ли она со временем?
3. В чем сущность барометрического нивелирования?
4. Зачем при барометрическом нивелировании измеряется температура воздуха?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему анероида,
- обработку данных наблюдений по анероиду на 20-м и первом этажах (по форме) с вычислением превышения, вертикального барического градиента, барической ступени,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

IV. РАДИАЦИЯ

Солнечную радиацию, в состав которой входят длины электромагнитных волн $\lambda < 4$ мкм, в метеорологии принято называть коротковолновой. В пределах этого диапазона в солнечном спектре различают ультрафиолетовую ($\lambda < 0,40$ мкм), видимую ($\lambda = 0,40 - 0,76$ мкм) и инфракрасную ($\lambda > 0,76$ мкм) части. Солнечная радиация характеризуется плотностью потока радиации – количеством лучистой энергии, приходящей на единицу площади в единицу времени. Измеряется она в Вт/м² (или кВт/м²), это означает, что на 1 м² в секунду поступает 1 Дж (или 1 кДж) лучистой энергии. Различают прямую и рассеянную коротковолновую радиацию.

Радиация, поступающая на земную поверхность от всех точек небесного свода, называют *рассеянной* (D). Солнечная радиация, поступающая непосредственно от солнечного диска, называется *прямой солнечной радиацией* (S).

Прямую солнечную радиацию, поступающую на верхнюю границу земной атмосферы, называют *солнечной постоянной* (S_0). При среднем расстоянии от Земли до Солнца $S_0 = 1,376$ кВт/м². У земной поверхности прямая солнечная радиация всегда значительно меньше этой величины, так как, проходя через атмосферу, солнечная энергия ослабляется вследствие отражения, поглощения и рассеяния молекулами воздуха и взвешенными частицами (пылинками, каплями, кристаллами). Ослабление солнечной радиации в атмосфере характеризуется коэффициентом ослабления, или коэффициентом прозрачности p . Для расчета прямой солнечной радиации, ослабленной в атмосфере и приходящей на перпендикулярную лучу поверхность, обычно применяют формулу Бугёра (Бугё):

$$S_m = S_0 \cdot p^m, \quad (4.1)$$

где S_m – прямая солнечная радиация, Вт/м², при массе атмосферы m ; S_0 – солнечная постоянная; p – коэффициент прозрачности при

массе атмосферы m ; m – масса атмосферы на пути солнечных лучей, $m=1/\sin h$; h – высота Солнца над горизонтом. При малых значениях высоты Солнца ($h < 10^\circ$) масса находится не по формуле, а по таблице Бемпорада. Из формулы (4.1) следует

$$P_m = m \sqrt{S_m / S_0}. \quad (4.2)$$

Прямая солнечная радиация, приходящая на *горизонтальную* поверхность, вычисляется по формуле

$$S' = S \cdot \sin h. \quad (4.3)$$

Сумма прямой и рассеянной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную земную поверхность, представляет собой *суммарную* солнечную радиацию

$$Q = S' + D. \quad (4.4)$$

Суммарная радиация, дошедшая до земной поверхности, частично отражается от нее, формируя поток *отраженной* радиации R , который направлен от поверхности земли в атмосферу. Остальная часть суммарной солнечной радиации поглощается подстилающей поверхностью. Отношение отраженной от поверхности радиации к приходящей суммарной радиации называется *альбедо* $A = R / Q$. Величина альбедо характеризует отражательную способность земной поверхности и выражается в долях единицы или в процентах.

Разность между приходящей суммарной радиацией и отраженной радиацией называют *поглощенной* радиацией, или *балансом коротковолновой радиации*:

$$B_k = Q - R = Q - Q \cdot A = Q \cdot (1 - A). \quad (4.5)$$

Поверхность земли и земная атмосфера, как и все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля, также излучают радиацию, которую условно называют *длинноволновой* ($\lambda = 4-100$ мкм). Собственное излучение земной поверхности по закону Стефана–Больцмана пропорционально четвертой степени ее температуры (T):

$$E_3 = \delta \sigma T^4, \quad (4.6)$$

где $\sigma = 5,7 \times 10^{-8}$ Вт/(м²К⁴) – постоянная Стефана–Больцмана, δ – относительная излучательная способность деятельной поверхности. Для большей части естественных поверхностей $\delta = 0,95$.

Излучение атмосферы направлено как к Земле, так и в мировое пространство. Часть длинноволнового атмосферного излучения, направленного вниз и поступающего к земной поверхности, называется *встречным излучением* атмосферы и обозначается E_a .

Разность между встречным излучением атмосферы E_a и собственным излучением земной поверхности E_3 представляет собой *баланс длинноволновой радиации* B_d :

$$B_d = E_a - E_3. \quad (4.7)$$

Величина B_d , взятая с обратным знаком, называется *эффективное излучение земной поверхности* $E_{эф}$.

Общий *радиационный баланс земной поверхности* представляет собой разность между приходящими и уходящими потоками коротковолновой и длинноволновой радиации:

$$B = B_k + B_d = Q - R - E_{эф}. \quad (4.8)$$

Актинометрические измерения

Актинометрия – раздел геофизики, в котором изучаются перенос и превращения излучения в атмосфере, гидросфере и на поверхности Земли

В практике актинометрических измерений различают приборы *абсолютные* (не требующие градуировки по другому прибору) и *относительные* (требующие сравнения показаний с абсолютным прибором).

Поток *прямой* солнечной радиации измеряется пиргелиографами и актинометрами различных конструкций. *Рассеянная* и *отраженная* радиация определяется пиранографами (альбедографами). Балансомеры используют для определения *радиационного баланса*.

Общий принцип действия актинометрических приборов основан на том, что под воздействием потока радиации разные элементы приемной поверхности приборов, за счет особенностей конструкции и составляющих материалов, нагреваются в разной степени. Это приводит к возникновению термоэлектрического тока, измеренные его значения далее пересчитываются в величину потока радиации.

Компенсационный пиргелиометр Ангстрема

Компенсационный пиргелиометр Ангстрема – абсолютный прибор, позволяющий по силе компенсирующего тока определять прямую солнечную радиация в Вт/м². Его приемной частью служат две одинаковые тонкие манганиновые пластинки В и С (рис. 4.1), зачерненные сверху. К нижней части пластинок прикреплены через изолятор два спая термоэлемента, состоящего из медного и константанового проводников. В цепь термоэлемента включают электроизмерительный прибор (например, гальванометр или мультиметр) G. При измерениях прямой солнечной радиации одна пластинка С подвергается действию солнечных лучей, а другая В в это время затенена. Нагревание пластинки С и приклеенного к ней одного из спаев термоэлемента солнечными лучами компенсируется искусственным нагреванием пластинки В посредством пропускания через нее электрического тока j от батареи E. Для регулирования компенсирующего тока и его точного измерения в нагревательную цепь включают реостат R и миллиамперметр A. Полная компенсация достигается при равенстве температуры обеих пластинок В и С; при этом отсчет электроизмерительного прибора G (гальванометра, мультиметра) должен вернуться к нулевому значению.

Рассчитать количество приходящего от солнца тепла на пластинку С (см. рис. 4.1) за одну секунду можно так:

$$W_C = Sas, \quad (4.9)$$

где S – интенсивность радиации, s – площадь пластинки, a – ее коэффициент поглощения.

Приход тепла W_B на пластинку В (см. рис. 4.1) за одну

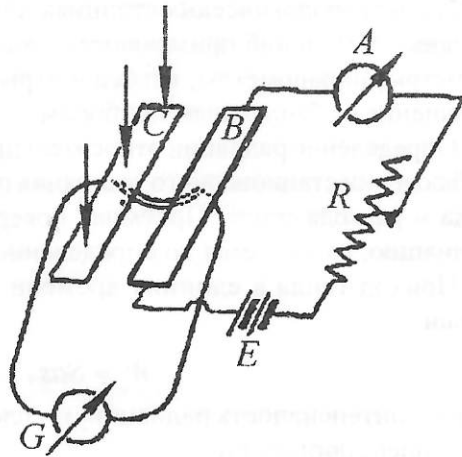


Рис. 4.1. Схема компенсационного пиргелиометра

секунду от компенсирующего тока вычисляют в соответствии с законом Джоуля–Ленца:

$$W_B = 0,24rj^2, \quad (4.10)$$

где r – сопротивление пластинки в Омах, j – сила компенсирующего тока в амперах.

При полной компенсации $W_C = W_B$, т. е.

$$Sas = 0,24rj^2. \quad (4.11)$$

Отсюда можно найти величину интенсивности радиации S :

$$S = \frac{0,24r}{as} j^2, \text{ или } S = kj^2, \quad (4.12)$$

где k – постоянная пиргелиометра, индивидуальная для каждого прибора. Таким образом, интенсивность радиации S пропорциональна квадрату силы компенсирующего тока.

Все величины, определяющие постоянную пиргелиометра, могут быть точно определены в лабораторных условиях, в связи с этим пиргелиометр не требует градуировки по другому прибору для перевода его показаний в абсолютные единицы.

Относительные приборы

На метеорологических станциях для регулярных актинометрических наблюдений применяются *относительные* приборы: актинометры, пиранометры, альбедометры, балансомеры, требующие сравнения с абсолютным прибором.

Определение радиации относительными приборами основано на наблюдении стационарного состояния приемника при наличии прихода и расхода тепла. Приемная поверхность прибора, поглощая радиацию, нагревается до определенной температуры.

Приход тепла в единицу времени к поверхности приемника равен

$$W = Sas, \quad (4.13)$$

где S – интенсивность радиации, s – площадь пластинки, a – ее коэффициент поглощения.

Одновременно с повышением температуры приемной поверхности под воздействием солнечной радиации пластинка теряет теп-

ло путем теплообмена с окружающей средой. Расход тепла, согласно закону Ньютона, пропорционален разности температуры нагретого приемника T и окружающего его пространства T_0 . Следовательно, расход тепла будет равен $h(T-T_0)$, где h – коэффициент пропорциональности.

При стационарном состоянии $Sas = h(T - T_0)$, откуда

$$S = \frac{h}{as}(T - T_0) = k(T - T_0), \quad (4.14)$$

где k – постоянная прибора.

Обычно в приборах такого типа определяют не разность температуры $(T-T_0)$, а величину, пропорциональную ей. Например, силу термоэлектрического тока, которая, в свою очередь, пропорциональна радиации, действующей на прибор, т. е.

$$S = kj. \quad (4.15)$$

В этом случае постоянная прибора k называется *чувствительностью приемника радиации* и выражается в милливольтгах (мВ) на Вт/м². При измерениях радиации применяются стрелочные *гальванометры* типа ГСА-1, а также другие электроизмерительные приборы, в частности, цифровые *мультиметры*.

При воздействии солнечной радиации на приемную часть актинометрического прибора возникает термоэлектрический ток, показания гальванометра или мультиметра возрастают на число делений N , пропорционально количеству поступающей радиации S , так что

$$S = aN, \quad (4.16)$$

где a – цена деления электроизмерительного прибора в Вт/м² или общий переводный множитель для рабочей пары приборов «приемник радиации (актинометр, пиранометр и т. д.) – гальванометр». Переводный множитель является индивидуальным для каждого актинометрического прибора. Он указывается в паспорте прибора, регулярно проверяется и рассчитывается по формуле:

$$a = \frac{\alpha(R_{np} + R_r)}{1000 \cdot k}, \quad (4.17)$$

где α – цена деления гальванометра (мкА/дел), R_{np} и R_r – сопротивление батареи приемника радиации и гальванометра (Ом), k –

чувствительность приемника радиации ($\text{мВ}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$). Величины α , $R_{пр}$, R_r и k указываются в поверочных свидетельствах приборов. Поскольку характеристики приборов со временем могут изменяться, то переводный множитель время от времени определяется путем сравнения с показаниями абсолютного прибора – пиргелиометра.

Прямая радиация

Термоэлектрический актинометр Савинова–Янишевского

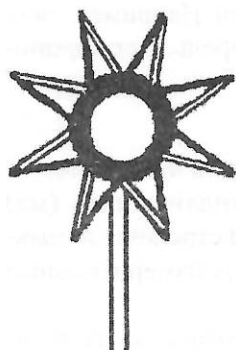


Рис. 4.2. Схема приемной части термоэлектрического актинометра

В метеорологии актинометр применяется для измерения прямой солнечной радиации. Его приемная часть состоит из тонкого диска, сделанного из серебряной фольги. В центре диска вырезано круглое отверстие. Одна сторона диска, обращенная к солнцу, зачернена (рис. 4.2). К другой стороне приклеены внутренние (активные) спаи термоэлектрической батареи, имеющей вид звездочки. Внешние (пассивные) спаи приклеены к медному кольцу, положенному на термовзвездочку и зажатому в корпусе прибора. При наклейке спаев термовзвездочка изолируется папиросной бумагой от диска и корпуса. Диск (приемная часть актинометра) вмонтирован в чашку 1, установленную на трубке актинометра 2 (рис. 4.3). Внутри трубки имеются пять диафрагм, защищающих приемную часть от влияния ветра и проникновения рассеянной и отраженной радиации. При измерениях серебряный диск поглощает солнечную радиацию, вследствие этого температура диска и внутренних (активных) спаев термобатареи повышается. Внешние (пассивные) спаи имеют температуру корпуса прибора, близкую температуре наружного воздуха. Под действием разности температуры внешних и внутренних спаев в цепи термобатареи возникает термоэлектрический ток, измеряемый гальванометром. Между наблюдениями трубка актинометра закрывается крышкой 3 для предохранения приемного

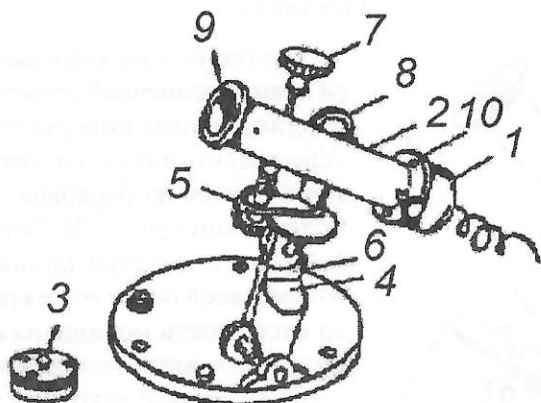


Рис. 4.3. Термоэлектрический актинометр Савинова–Янишевского: 1 – чашка, в которую вмонтирована термозвездочка, 2 – трубка, 3 – крышка, 4 – штатив, 5 – винт для установки отметки широты, 6 – шкала регулирования широты, 7, 8 – регулировочные винты для начального наведения трубки актинометра на диск Солнца, 9, 10 – отверстие и отметка для точного наведения трубки на диск Солнца

диска от загрязнения. Термоэлектрический актинометр укрепляется на небольшом штативе 4, позволяющем устанавливать прибор по широте места, высоте и азимуту Солнца.

На широту места актинометр выставляют следующим образом: отвинчивают винт 5 и соответствующее деление сектора 6 подводят к индексу, указывающему нужную широту, после чего снова закрепляют. Ось, вокруг которой осуществляется горизонтальный поворот трубки, должна располагаться в плоскости меридиана и иметь наклон на север в соответствии с широтой.

Винтами 7 и 8 трубка ориентировочно наводится на Солнце. Для точной наводки в наружной диафрагме сделано небольшое круглое отверстие 9. В нижней части прибора против этого отверстия имеется белый экран 10. При правильной установке прибора солнечный луч, проникающий через это отверстие, должен дать на ободке экрана 10 светлое пятно («зайчик»).

Гелиостат

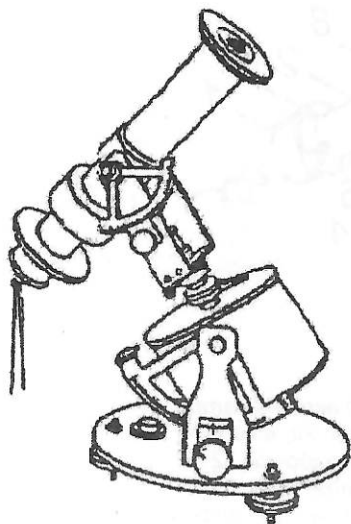


Рис. 4.4. Гелиостат с актинометром

Для получения непрерывной записи прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность трубка термоэлектрического актинометра монтируется на барабане с часовым механизмом (рис. 4.4). Этот барабан совершает за сутки полный оборот вокруг своей оси, которая расположена в плоскости меридиана под углом, соответствующим широте места. При такой установке трубка актинометра непрерывно движется вслед за Солнцем, вследствие чего сохраняется перпендикулярность приемной пластинки солнечным лучам. Такой прибор с вращающимся барабаном и автоматической наводкой на Солнце называется *гелиостатом*. Для регистрации термотока к гелиостату под-

ключают самопишущий электронный потенциометр. Вся установка (термоэлектрический актинометр, гелиостат, потенциометр) получила название *актинографа*.

Суммарная и рассеянная радиация

Термоэлектрический пиранометр Янишевского

Термоэлектрический пиранометр Янишевского служит для измерения суммарной и рассеянной радиации. *Приемная часть* пиранометра представляет собой термоэлектрическую батарею, состоящую из марганциновых и константановых полосок (рис. 4.5). Все четные спаи электробатареи побелены магнезией, а нечетные — зачернены сажей. Для защиты от действия длинноволновой радиации и от ветра приемная поверхность 1 (рис. 4.6), укрепленная на подставке 2, покрыта стеклянным колпаком.

Солнечная радиация, падающая на прибор, поглощается зачерненными спаями гораздо больше, чем белыми. Разность температур между зачерненными и белыми термоспаями пропор-

циональна величине радиации, падающей на приемную часть, и обуславливает появление термотока, который измеряется гальванометром. Величина падающей на прибор радиации пропорциональна числу делений N , на которое отклоняется стрелка гальванометра.

Для измерения только рассеянной радиации прибор затеняют круглым теневым экраном 4 (рис. 4.6), защищающим приемную поверхность от воздействия прямой солнечной радиации. Размеры экрана и стержня, на котором он укреплен, рассчитаны так, чтобы от центра приемной поверхности пиранометра экран был виден под углом 10° , т. е. чтобы экраном закрывался участок неба вокруг Солнца радиусом 5° . Для этого диаметр экрана должен быть равен диаметру стеклянного колпака, а расстояние между экраном и приемной частью прибора в 5–7 раз больше диаметра экрана.

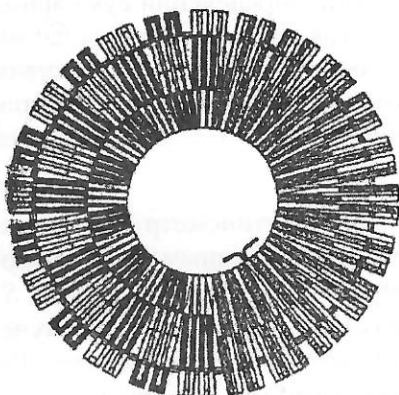


Рис. 4.5. Схема радиальной термобатареи

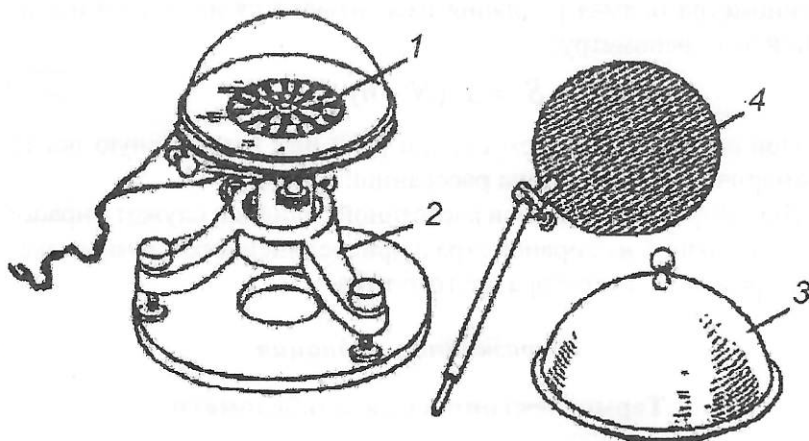


Рис. 4.6. Пиранометр Янишевского: 1 – приемная поверхность, 2 – подставка, 3 – крышка, 4 – затеняющий экран

При определении суммарной радиации Q в солнечную погоду (состояние диска Солнца \odot^1 или \odot^2) более точный результат получается, если прямую солнечную радиацию S' ($S' = S \sinh$) измеряют отдельно актинометром, а рассеянную D – затененным пиранометром, а затем результаты измерений суммируют:

$$Q = S' + D. \quad (4.18)$$

Если актинометр отсутствует, суммарная радиация Q измеряется незатененным пиранометром, рассеянная радиация D – затененным, а прямая радиация S' – вычисляется как их разность. Пусть N – исправленный отсчет при открытом пиранометре, n – при затененном пиранометре. Величину рассеянной радиации D определяют, как произведение переводного множителя a и исправленного отсчета:

$$D = a \cdot n. \quad (4.19)$$

Для вычисления прямой радиации рассчитывают соответствующую ей разность отсчетов ($N - n$), сделанных при измерениях радиации суммарной (пиранометр открыт) и рассеянной (пиранометр затенен). Эту разность далее умножают на переводный множитель a , а также на поправочный множитель F_h , учитывающий зависимость чувствительности прибора от угла падения солнечных лучей. Этот поправочный множитель находят по графику, приложенному к паспорту прибора. Таким образом, при отсутствии актинометра прямая радиация рассчитывается на основе наблюдений по пиранометру:

$$S' = a \cdot (N - n) \cdot F_h. \quad (4.20)$$

При слабом солнечном сиянии (\odot^0) или в пасмурную погоду суммарная радиация равна рассеянной: $Q = D$.

Для непрерывной записи рассеянной радиации служит пиранограф, состоящий из пиранометра и присоединенного к нему гальванографа или регистратора другого типа.

Отраженная радиация

Термоэлектрический альбедометр

Для измерения коротковолновой радиации, отраженной от земной поверхности R_k , для определения альбеда служит термоэлек-

трический альбедометр. На практике применяют два вида альбедометров: стационарный и походный.

Стационарный альбедометр, или универсальный пиранометр, применяется при стационарных актинометрических наблюдениях. Он состоит из головки пиранометра и штатива, позволяющего придавать головке два положения: приемником вверх и приемником вниз.

Походный альбедометр (рис. 4.7), используемый в маршрутных наблюдениях, представляет собой головку пиранометра 1, соединенную с опрокидывающимся кардановым подвесом 2 с рукояткой 3.

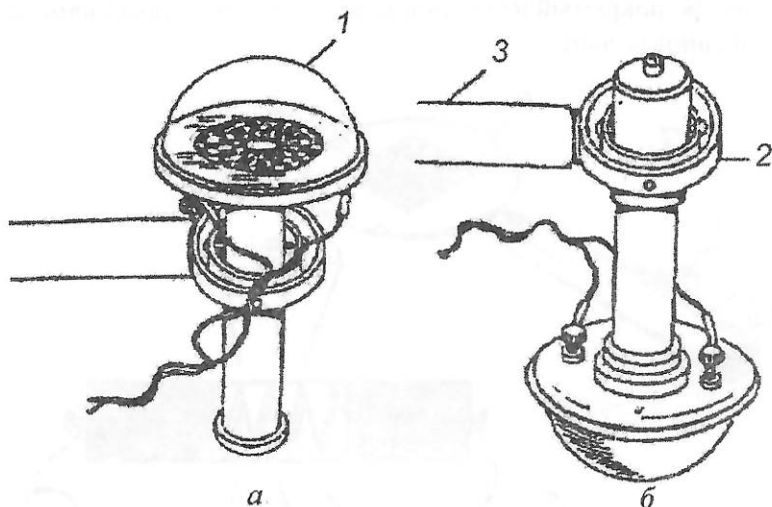


Рис. 4.7. Альбедометр походный: а – положение вверх; б – положение вниз

Такое устройство обеспечивает горизонтальность приемной поверхности при повороте рукоятки вокруг горизонтальной оси. При наблюдениях рукоятка насаживается на шест, другой конец которого находится в руках у наблюдателя. При положении приемной поверхности прибора вверх измеряется суммарная радиация Q . Для измерения отраженной радиации R_x рукоятку альбедометра поворачивают на 180° . Зная эти величины, по формуле $A = \frac{R}{Q}$ рассчитывают альбедо A .

Радиационный баланс

Термоэлектрический балансомер

Балансомер служит для определения радиационного баланса земной поверхности B . Приемником термоэлектрического балансомера являются две медные тонкие пластинки 1, внешние поверхности которых зачернены (рис. 4.8). Пластинки вмонтированы в круглую оправу 2 в форме диска с рукояткой так, что одна пластинка обращена вверх, а другая – вниз. Между пластинками помещены 10 термобатарей. Каждая батарея представляет собой медный брусок, покрытый изоляционным слоем, на который намотана константановая лента.

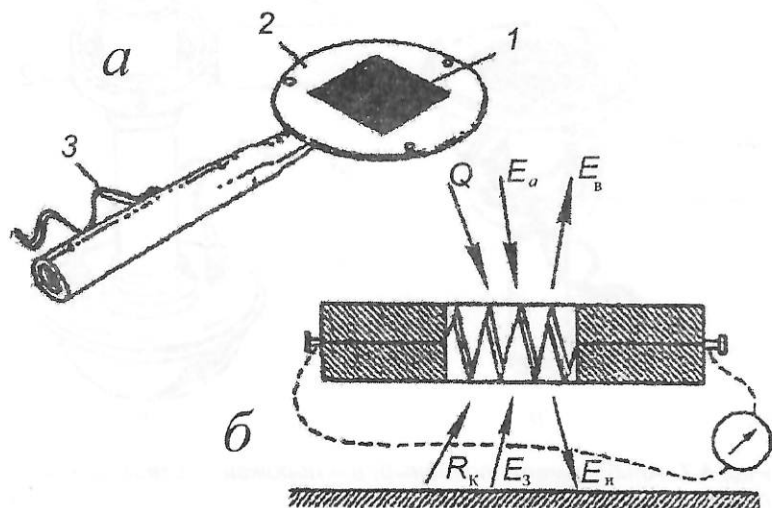


Рис. 4.8. Термоэлектрический балансомер: а – общий вид; б – схема

Одна половина каждого витка константановой ленты посеребрена, конец и начало серебряного слоя служат термоспаями. Все батареи соединены между собой последовательно. Провода от первой и последней батарей выведены наружу и пропущены через рукоятку прибора 3. Приемник балансомера вместе с оправой закрывается двойной створчатой крышкой. Для установки балансомера в его комплекте имеется колодка с двумя шарнирами. Рукоятка прибора на конце имеет втулку с резьбой, которая служит для

привинчивания балансомера к большому шарниру. Малый шарнир необходим для установки теневого экрана, применяемого для затенения прибора от прямой солнечной радиации. Балансомер устанавливается строго горизонтально, затем подсоединяют к гальванометру. Так как чувствительность балансомера уменьшается с возрастанием скорости ветра (приемная поверхность не защищена стеклянным колпаком), то при измерениях необходимо вести наблюдения также и за скоростью ветра.

В дневное время на *верхнюю* пластинку поступают следующие радиационные потоки (рис. 4.8,б): суммарная солнечная радиация $Q = S' + D$; встречное излучение атмосферы E_a ; от пластинки исходит ее собственное излучение E_g .

На *нижнюю* пластинку поступают: радиация, отраженная от земной поверхности R_k , собственное излучение земной поверхности E_z ; исходит от пластинки ее собственное излучение E_n .

Отклонение показаний гальванометра N от места нуля будет пропорционально разности «чистого» прихода радиации на верхнюю и нижнюю пластинки:

$$B = (Q + E_a - E_g) - (R_k + E_z - E_n) = a \cdot \Phi_v \cdot N, \quad (4.21)$$

где a – переводный множитель прибора; Φ_v – поправочный множитель, учитывающий скорость ветра, на него нужно умножить реальные показания балансомера при данной скорости ветра, чтобы получить показание балансомера, которое было бы при штиле.

Излучение верхней E_g и нижней E_n пластинок можно считать одинаковым. Тогда выражение (4.21) примет следующий вид:

$$B = Q + E_a - R_k - E_z = Q - R_k - (E_z - E_a). \quad (4.22)$$

Так как разность $(E_z - E_a)$ представляет собой эффективное излучение $E_{эф}$, то окончательно выражение для расчета радиационного баланса подстилающей поверхности на основе измерений балансомером и показаний гальванометра будет:

$$B = Q - R_k - E_{эф}. \quad (4.23)$$

Суммарная радиация и встречное излучение атмосферы составляют для земной поверхности приход тепла, отраженная радиация и собственное излучение земной поверхности – расход.

Радиационный баланс может быть положительным, отрицательным и нулевым. В ночное время, когда потоки коротковолновой радиации Q и R_k равны нулю, радиационный баланс равен эффективному излучению с обратным знаком, т. е. длинноволновому балансу радиации. Днем длинноволновый радиационный баланс отдельно не измеряется, но может быть рассчитан путем вычитания из общего радиационного баланса коротковолновых потоков:

$$B_d = B - B_k = B - (Q - R_k) = B - Q + R_k. \quad (4.24)$$

Электроизмерительные приборы

Для измерения силы тока, возникающего в термоэлектрических батареях актинометрических приборов, используют гальванометры типа ГСА-1 и другие приборы, обладающие функциями гальванометра, в частности, мультиметры.

В теплое время года могут использоваться потенциометры ПП-63 и цифровые вольтметры или мультиметры класса точности не ниже 0,5, которые дают возможность определить чувствительность приемника радиации ($\text{мВ}/(\text{Вт}/\text{м}^2)$). Одной из распространенных моделей в настоящее время являются мультиметры типа Mastech MY65. Его основой, как и у всех современных цифровых мультиметров, является интегральный аналого-цифровой преобразователь напряжения.

Для определения общей суммарной радиации за сутки или меньший срок служит интегратор типа Х 603.

Стрелочный гальванометр ГСА-1

Принцип действия гальванометра ГСА-1 основан на взаимодействии двух магнитных полей (рамки подковообразных магнитов). Гальванометр ГСА-1 состоит из корпуса прибора, подставки и кожуха (рис. 4.9). В корпусе прибора помещен измерительный механизм, состоящий из рамки 1 и подковообразных магнитов 2. К рамке, намотанной из тонкой проволоки и подвешенной на растяжках между полюсами магнитов, присоединяется стеклянная стрелка, которая может свободно перемещаться по шкале. При прохождении тока через рамку вокруг нее создается электромагнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов, вследствие чего рамка поворачивается вокруг оси. Этому вращению проти-

водействует упругость растяжек, на которые подвешена рамка. Рамка устанавливается в положение, при котором ее вращающий момент, созданный взаимодействием полей тока и магнитов, уравнивается противодействием растяжек. Угол поворота рамки пропорционален силе тока, проходящего через рамку гальванометра. Выводы рамки припаяны к клеммам 3, обозначенным на крышке корпуса «+» и «R».

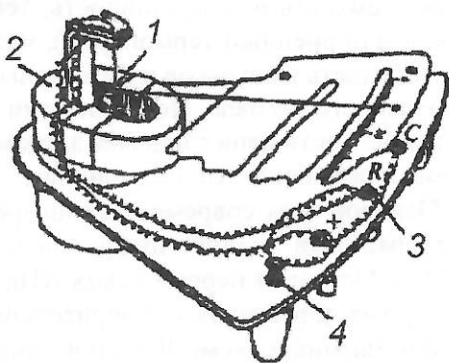


Рис. 4.9. Схема стрелочного гальванометра ГСА-1: 1 – рамка, 2 – магниты, 3 – клеммы, 4 – добавочное сопротивление

Для измерения термотока большой силы в гальванометр вмонтировано добавочное сопротивление 4. Оно обозначено на крышке корпуса буквой «С». В этих случаях актинометрический прибор подключают к клеммам «+» и «С».

В нижней части корпуса находится винт-арретир, который на коротко замыкает электрическую цепь гальванометра. В крышке сверху имеется корректорный винт, вращением которого можно установить стрелку гальванометра между 0 и 20. В вырезях шкалы укреплены зеркальная полоска и термометр. Зеркальная полоска служит для выбора правильного положения глаза при отсчете по шкале: изображение стрелки в зеркале должно при отсчете закрываться самой стрелкой. Этим исключается ошибка на параллакс, т. е. искажение отсчета вследствие наблюдения по косо-му направлению.

Цифровой мультиметр Mastech MY65

В настоящее время выпускается огромное разнообразие цифровых измерительных приборов различной степени сложности, надежности и качества. Отличительной чертой мультиметров является их многофункциональность – кроме стандартного набора величин (напряжения и силы постоянного и переменного тока, а также сопротивления) современные мультиметры позволяют из-

мерять емкость и индуктивность, температуру (внутренним датчиком или внешней термопарой), частоту (Гц и об/мин), а также длительность импульсов и интервалы между импульсами в случае импульсного сигнала. Почти все они могут осуществлять проверку целостности цепи с подачей звукового сигнала при ее сопротивлении ниже определенной величины.

Основой всех современных цифровых мультиметров является интегральный аналого-цифровой преобразователь напряжения (АЦП). Одним из первых таких АЦП, пригодных для построения недорогих портативных измерительных приборов, был преобразователь на микросхеме ICL7106, выпущенной фирмой MAXIM. Было разработано несколько удачных недорогих моделей цифровых мультиметров 830-й серии, таких как M830B, M830, M832, M838. Вместо буквы M может стоять DT. В настоящее время эта серия приборов является самой распространенной и самой повторяемой в мире. Ее базовые возможности: измерение постоянных и переменных напряжений до 1000 В (входное сопротивление 1 МОм), измерение постоянных токов до 10 А, измерение сопротивлений до 2 МОм, тестирование диодов и транзисторов. Кроме того, в некоторых моделях есть режим звуковой проверки соединений, измерения температуры с термопарой и без термопары, генерации частот 50...60 Гц или 1 кГц. Основным изготовителем мультиметров этой серии – фирма Precision Mastech Enterprises (Гонконг).

Мультиметр Mastech MY65 (рис. 4.10) позволяет измерять величины силы постоянного и переменного тока, постоянного и переменного напряжения, сопротивления, а также ряд других показателей, не используемых в актинометрии.

Включение/выключение мультиметра MY65 выполняется кнопкой 2 (рис. 4.10). Результаты измерений выводятся на крупный цифровой жидко-кристаллический дисплей. Кнопкой «HOLD» можно зафиксировать значение последнего измерения. Питание мультиметра осуществляется от одной батареи 9В типа «Крона». Система автоматического отключения питания сработает после примерно 40 минут бездействия прибора. Яркий и заметный защитный кожух из мягкого полимера, входящий в комплект поставки мультиметра Mastech MY65, сохранит прибор от повреждения при падении или ударе. Рабочее положение измерительного прибора можно изменять, для этого предусмотрен упор на тыльной стороне корпуса.

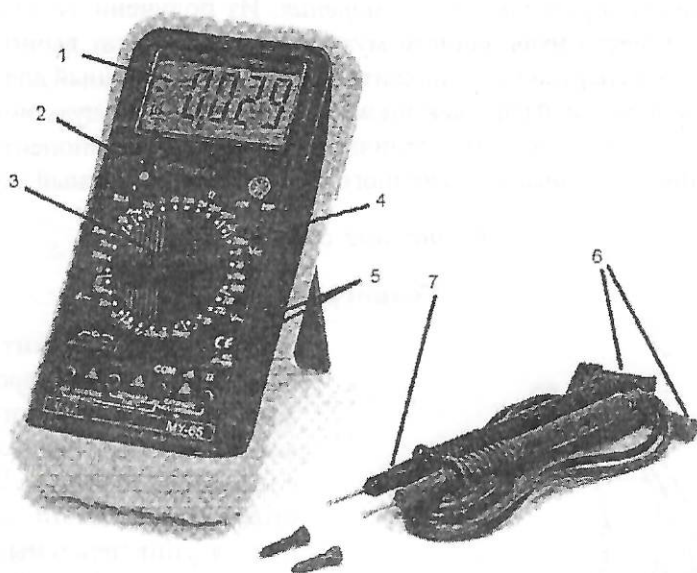


Рис. 4.10. Мультиметр Mastech MY65: 1 – дисплей, 2 – кнопка включения/выключения, 3 – переключатель, 4 – отметка «200mV», 5 – контактные отверстия, 6 – клеммы, 7 – щупы

Использование мультиметра в актинометрических измерениях. Порядок измерений таков: – перед началом выполнения актинометрических измерений многопозиционный переключатель 3 устанавливается на отметке 4 «200 mV» (200 милливольт):

- при выключенном мультиметре актинометрический прибор (актинометр, пиранометр, балансомер и др.) подключается к мультиметру к клеммам 6 через контактные отверстия 5 (щупы 7, входящие в комплект мультиметра MY65, отрезаются);
- мультиметр включают и, выждав 3–5 с до появления установившихся значений, снимают отсчет с дисплея 1.

При необходимости отсчетов можно сделать столько, сколько требуется, не выключая мультиметра. Можно сделать несколько отсчетов для последующего получения среднего значения; менять положение прибора (например, поворачивая альбедометр приемной поверхностью вверх или вниз); затенять приборы или убирать затенение.

Обработка результатов измерения. Из полученного отсчета вычитают место нуля данного мультиметра. Результат вычитания умножают на переводный множитель, заранее полученный для каждой индивидуальной пары «актинометрический прибор–мультиметр». Окончательный результат – величина измеряемого компонента радиационного баланса, выраженного в ваттах на квадратный метр.

Солнечное сияние

Гелиограф

Гелиограф служит для непрерывной записи продолжительности солнечного сияния. Существует несколько систем гелиографов. В настоящее время часто применяется универсальный гелиограф Кемпбела–Стокса (рис. 4.11).

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

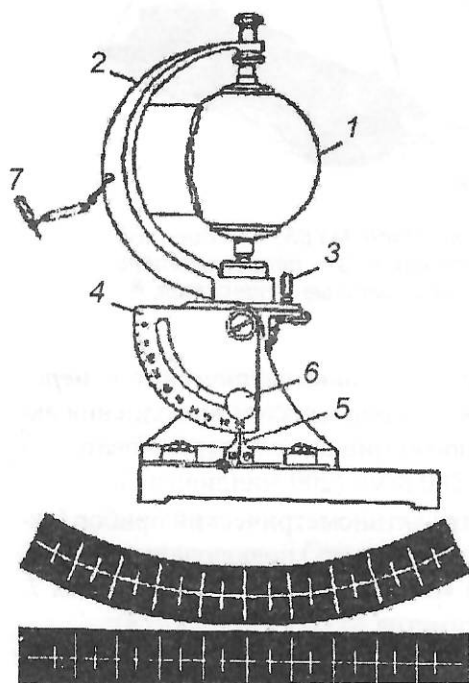


Рис. 4.11. Универсальный гелиограф и ленты к нему: 1 – стеклянный шар, 2 – пластина для закладывания картонных лент, 3 – штифт, 4 – шкала широты, 5 – указатель для установки широты, 6 – винт для фиксации широты, 7 – игла

в чашке; этим фиксируется правильное положение ленты. При правильной установке ленты прокол приходится на второе часовое деление от ее середины. Чашка гелиографа вращается около вертикальной оси и закрепляется в нужном положении штифтом 3. В зависимости от продолжительности возможного солнечного сияния используется различное число лент. При коротком световом дне (не более 9 ч) чашка устанавливается с северной стороны шара и закрепляется штифтом в положении В, лента меняется только один раз – после захода Солнца. При продолжительности дня от 9 до 18 ч ленту меняют два раза: после захода Солнца и с 11 до 12 ч по среднему солнечному времени. Вечером чашка ставится в положение А, а в околополуденное время – в положение В. Если продолжительность солнечного сияния за сутки превышает 18 ч, то положение чашки и ленты меняют три раза: в 4, 12 и 20 ч по среднему солнечному времени. На трех последовательно сменяемых лентах получают записи соответственно за периоды 4–12, 12–20, 20–4 ч. При первой смене ленты чашка становится в положение А, при второй смене – в положение В и при третьей – в положение Г.

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

Устанавливают гелиограф на прочном столбе или на крыше здания. Чашке прибора придают наклон, соответствующий широте станции, которая отсчитывается на шкале 4 по индексу указателя 5; затем чашка закрепляется винтом 6. После этого гелиограф ориентируют так, чтобы в истинный полдень фокус пучка солнечных лучей на ленте совпадал с центральной линией чашки прибора. Гелиограф обычно устанавливают в солнечный день.

ЗАДАНИЕ 4.1. Измерение прямой солнечной радиации термоэлектрическим актинометром

Принадлежности: термоэлектрический актинометр, гальванометр ГСА-1, оптическая скамья с источником света (искусственное солнце).

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством термоэлектрического актинометра и вычертить схему его приемной части.

2. Измерить термоэлектрическим актинометром прямую радиацию, исходящую от искусственного солнца, для чего необходимо:

- освободить арретир гальванометра и установить стрелку на пятое деление шкалы корректорным винтом;
- 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 отсчет по шкале гальванометра при отсутствии тока (труба актинометра закрыта крышкой) с точностью до 0,1 деления и записать это нулевое положение стрелки (*место нуля*);
- снять крышку с трубы актинометра, включить лампу (искусственное солнце) и навести на нее трубку актинометра;
- реостатом придать искусственному солнцу напряжение не более 60 В, сделать 3–4 отсчета по гальванометру;
- закрыть крышкой актинометр и спустя 1–2 мин отсчитать нулевое положение стрелки гальванометра после измерений;
- закрепить арретир гальванометра.

3. Рассчитать переводной множитель по формуле (13) или взять его готовое значение из паспорта прибора.

4. Измерения записать по форме (табл. 4.1).

Контрольные вопросы

1. Что такое солнечная постоянная и чему она равна?
2. В каких единицах выражается прямая солнечная радиация?
3. Что является приемником термоэлектрического актинометра?
4. Почему возникает термоэлектрический ток при наводке актинометра на Солнце?
5. Как вычисляется прямая радиация, проходящая на земную поверхность?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему приемной части термоэлектрического актинометра,
- данные наблюдений и их обработку,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

Измерение прямой радиации

Актинометр NГальванометр NМесто нуля гальванометра до наблюдения N_0Переводный множитель $a=...$

Время наблюдений				h_{\odot} , $\sin h_{\odot}$	Отсчеты гальванометра, N_1 N_2 N_3	N_{cp} $\pm \Delta N_{cp}$ $-N_0$	$N_{истр}$	Прямая радиация, Вт/м ² : а) S б) $S' = S \sin h_{\odot}$
летнее	декретное	среднее	солнечное					
								а) б)

Примечание. Необходимые величины для расчета a и шкаловые поправки к гальванометру взять из поверочных свидетельств приборов.

ЗАДАНИЕ 4.2. Измерение суммарной и рассеянной солнечной радиации термоэлектрическим пиранометром

Принадлежности: термоэлектрический пиранометр, гальванометр ГСА-1, искусственный источник света (искусственное Солнце), шкаловые поправки пиранометра.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия пиранометра.

2. Измерить термоэлектрическим пиранометром суммарную и рассеянную радиацию в аудитории от искусственного источника света, для чего необходимо:

- подключить два выводных провода от пиранометра к клеммам гальванометра, отмеченным знаками «+» и «Р»;
- освободить арретир гальванометра и определить место нуля с точностью до 0,1 деления шкалы гальванометра;

- снять крышку с пиранометра, включить искусственное Солнце (лампу) и установить ее так, чтобы стрелка гальванометра отклонилась на 80–90 делений шкалы;
 - не изменяя положения лампы, произвести три отсчета по гальванометру;
 - для измерения только рассеянной радиации приемник гальванометра закрыть экраном и вновь сделать три отсчета по гальванометру;
 - выключить лампу и закрыть пиранометр крышкой;
 - отсчитать место нуля (после всех измерений);
 - закрепить арретир гальванометра.
3. Запись вести по форме табл. 4.2.
4. Обработать полученные данные.

Таблица 4.2

Измерение суммарной и рассеянной радиации

Пиранометр N

Гальванометр N

Место нуля гальванометра до наблюдения N_0

Переводный множитель $a=...$

Время наблюдений	Суммарная радиация, Q (отсчеты без экрана)			Рассеянная радиация, D (отсчеты с экраном)			Расчет радиации, кВт/м^2 а) Q б) D
	отсчеты по гальванометру N_1 N_2 N_3	N_{cp} $\pm \Delta N_{cp}$ $-N_0$	$N_{испр}$	отсчеты по гальванометру n_1 n_2 n_3	n_{cp} $\pm \Delta n_{cp}$ $-N_0$	$n_{испр}$	
							а) б)

Контрольные вопросы

1. Как можно получить значение прямой солнечной радиации, пользуясь пиранометром?
2. Для какой цели берут нулевое положение стрелки гальванометра до и после наблюдений?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему пиранометра,
- данные наблюдений по пиранометру и их обработку,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 4.3. Определение радиационного баланса балансомером Янишевского

Принадлежности: балансомер, гальванометр ГСА-1, два бачка с холодной и горячей водой.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством балансомера и вычертить его схему.
2. Налить в один бачок горячей воды, а в другой – холодной. Установить их на небольшом расстоянии друг от друга.
3. Освободить арретир гальванометра и отсчитать место нуля N_0 .
4. Соединить балансомер клеммами с гальванометром.
5. Установить на штативе балансомер в вертикальной плоскости между бачками.
6. Снять крышку с балансомера и отсчитать три раза показания стрелки гальванометра N .
7. Закрыть балансомер крышкой, отключить гальванометр и отсчитать место нуля.
8. Заарретировать стрелку.
9. Данные записать по следующей форме (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Измерение радиационного баланса

Балансомер N

Гальванометр N

Место нуля гальванометра до наблюдения N_0

Переводный множитель $a=...$

Время наблюдения	Отсчеты по гальванометру, N_1, N_2, N_3	N_{cp} $\pm \Delta N_{cp}$ $-N_0$	$N_{испр}$	Радиационный баланс B , кВт/м ²

Контрольные вопросы

1. Что измеряют балансомером Янишевского?
2. Почему приемные поверхности балансомера не защищены стеклянными колпаками?
3. Какие виды радиации поступают на каждую из приемных поверхностей балансомера в естественных условиях?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему приемной части балансомера, а также приходящие к ним и уходящие от них потоки радиации,
- данные наблюдений по балансомеру и их обработку,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

V. ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ, ВОДЫ И ВОЗДУХА

Измерения жидкостными термометрами основано на принципе изменения объема жидкости при повышении или при понижении температуры. В качестве термометрической жидкости обычно применяют ртуть или спирт, обладающие следующими физическими свойствами.

Ртуть (Hg) – температура замерзания $-38,8^{\circ}\text{C}$; температура кипения $356,9^{\circ}\text{C}$; коэффициент расширения (при 18°C) $0,000181$; теплоемкость $0,126$ Дж/(г·К);

Спирт этиловый ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) – температура замерзания $-117,3^{\circ}\text{C}$; температура кипения $78,5^{\circ}\text{C}$; коэффициент расширения (при 18°C) $0,00110$; теплоемкость $2,436$ Дж/(г·К).

Из приведенных характеристик видно, почему в качестве термометрической жидкости для измерения более низкой температуры применяется спирт.

Все жидкостные термометры состоят из стеклянного резервуара, наполненного термометрической жидкостью и переходящего в верхней части в капилляр, стеклянной шкалы с делениями, защитной стеклянной трубки.

В зависимости от устройства шкалы термометры бывают со вставной шкалой и палочные.

Вставная шкала изготавливается из молочного стекла и неподвижно укрепляется в корпусе термометра, упираясь одним концом в специальное седло, а другим – в пружину, помещенную в пробке. К шкале плотно прикрепляется тонкий стеклянный капилляр (рис. 5.1). В палочных термометрах шкала наносится на внешней стороне толстостенного капилляра.

В Международной системе единиц (СИ) термодинамическая температура входит в состав семи основных единиц и выражается в градусах Кельвина. В состав производных величин СИ, имеющих специальное название, входит температура Цельсия, измеряемая в градусах Цельсия. На практике часто применяют градусы

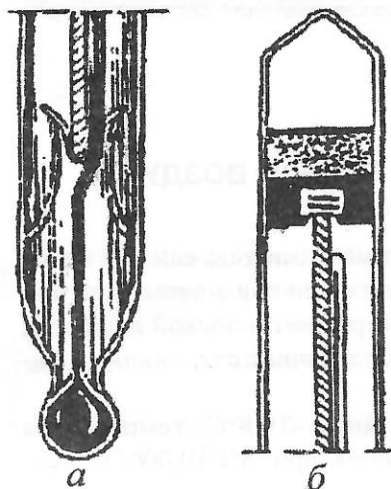


Рис. 5.1. Крепление нижнего (а) и верхнего (б) краев шкалы термометра

Цельсия из-за исторической привязки к важным характеристикам воды – температуре таяния льда (0°C) и температуре кипения воды (100°C). Это удобно, так как большинство климатических процессов, процессов в живой природе связаны с этим диапазоном. Градус Цельсия по определению равен одному градусу Кельвина: $1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$.

Градус Фаренгейта – еще одна единица измерения температуры с линейной шкалой, долгое время бывшая основной в англоязычных странах, но в конце 1960-х – начале 1970-х годов она была практически вытеснена шкалой Цельсия.

На шкале Фаренгейта точка таяния льда равна $+32^{\circ}\text{F}$, а точка кипения воды $+212^{\circ}\text{F}$ (при нормальном атмосферном давлении). Один градус Фаренгейта равен $1/180$ разности значений этих температур. Диапазон $0^{\circ}\dots+100^{\circ}$ по шкале Фаренгейта примерно соответствует диапазону $-18^{\circ}\dots+38^{\circ}$ по шкале Цельсия. Ноль на этой шкале определяется по температуре замерзания смеси воды, льда и нашатыря, а за 100°F принята нормальная температура человеческого тела (однако Фаренгейт ошибся в последнем измерении: нормальная температура человеческого тела составляет $97,9^{\circ}\text{F}$).

Для перевода значений температуры из шкалы Цельсия в шкалу Фаренгейта служат следующие формулы:

$$t^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32, \quad (5.1)$$

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32). \quad (5.2)$$

Отсчеты по всем метеорологическим термометрам вне зависимости от цены деления шкалы производятся с точностью до $0,1^{\circ}$.

Поправки термометров. Каждый термометр после изготовления сравнивается в Центральном бюро поверки с нормальным термометром – *эталоном*. В результате поверки определяют инструментальные поправки, которые помещают в поверочных свидетельствах (сертификатах). В сертификатах указывается место и дата поверки и поверочный порядковый номер, который проставляют также и на самом приборе.

Погрешности в показаниях термометров вызываются следующими причинами:

- не вполне строгой цилиндричностью капилляра,
- неравномерным изменением объема жидкости в зависимости от температуры,
- неточностью разбивки шкалы,
- перекристаллизацией стекла (старением).

Термометры для измерения температуры почвы

Для измерения температуры поверхности почвы на метеорологических станциях применяют срочный, максимальный и минимальный термометры. Эти термометры размещают вместе на открытой площадке размером 4х6 м так, чтобы их резервуары были в нее погружены. Травяной покров с площадки удаляется, а почва взрыхляется. При наличии снежного покрова все три термометра помещаются на поверхности снега.

Срочный напочвенный термометр – ртутный со вставной шкалой, цена деления шкалы $0,5^\circ$. Резервуар термометра имеет обычно цилиндрическую форму (рис. 5.2). Наблюдения по этому термометру сводятся к отсчету показаний в срочные часы.

Максимальный термометр служит для определения наивысшей температуры за время между срочными наблюдениями. Этот термометр ртутный, со шкалой из молочного стекла (рис. 5.3). Цена деления термометра $0,5^\circ$. Резервуар может быть цилиндрическим или шаровым. Пределы шкалы от -36 до $+51^\circ\text{C}$ или от -21 до $+71^\circ\text{C}$. В дно резервуара максимального термометра впаян стеклянный конический стержень 1, который верхним узким концом входит в капил-



Рис. 5.2. Срочный напочвенный термометр



Рис. 5.3. Максимальный термометр: 1 – стеклянный стержень

Потому что ртуть в капилляре образует сужение, препятствующее свободному передвижению ртути из капилляра в резервуар. Когда температура повышается, ртуть под действием теплового расширения проталкивается через сужение из резервуара в капилляр. При понижении температуры ртуть из резервуара в капилляр не проходит, так как силы сцепления между частицами ртути не в состоянии преодолеть силы трения в суженной части термометра, и в этом месте происходит разрыв ртути. Оставшийся в капилляре столбик ртути будет указывать максимальную температуру за определенный промежуток времени. Чтобы ртуть ушла обратно в резервуар, термометр встряхивают несколько раз сильными, но плавными движениями руки.

Максимальный термометр устанавливают в горизонтальном положении. Во время наблюдений термометр слегка поднимают за конец, удаленный от резервуара, чтобы ртуть в капилляре подошла к сужению, и делают отсчет. Сделав отсчет, термометр берут в руки и встряхивают, пока столбик ртути не займет положение, соответствующее температуре по срочному термометру. Этим самым термометр подготавливают к следующему наблюдению.

Минимальный термометр (рис. 5.4) служит для измерения самой низкой температуры между сроками наблюдений. Этот термометр – спиртовой, имеет вставную шкалу из молочного стекла, цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$. Резервуар термометра цилиндрический. Капилляр на конце, противоположном резервуару, имеет расширение, в котором собирается спирт при повышении температуры выше последнего деления шкалы. Здесь же скапливаются пары спирта.

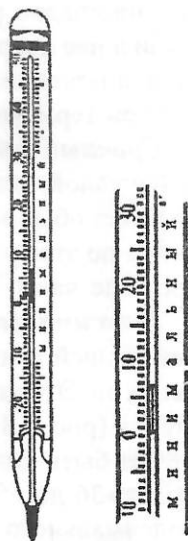


Рис. 5.4. Минимальный термометр

В капилляре минимального термометра внутри спирта помещен небольшой тонкий стеклянный *штифт* темного цвета с утолщенными тупыми концами. При вертикальном положении (резервуаром вверх) штифт свободно перемещается внутри спирта до пленки поверхностного натяжения. В горизонтальном положении при понижении температуры он двигается в обратную сторону, к резервуару, под давлением этой пленки. Если температура начнет повышаться, мениск спирта отойдет от штифта в сторону более высокого значения температуры, а штифт останется на уровне минимальной температуры.

Устанавливают минимальный термометр всегда в *горизонтальном* положении (резервуар слева от наблюдателя, правый конец штифта совмещен с мениском спирта).

В срок наблюдения, не трогая руками термометр, отсчитывают *минимальную* температуру по *правому* концу штифта, удаленному от резервуара, и *срочную* температуру по положению *мениска спирта*.

После отсчета термометр аккуратно, не встряхивая, переворачивают резервуаром вверх и ждут, пока штифт опустится до мениска спирта (правый конец штифта совмещается с мениском спирта). Затем термометр вновь устанавливают в горизонтальном положении, после чего он подготовлен к следующему наблюдению.

Почвенные термометры Савинова (рис. 5.5) служат для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см. Это ртутные термометры со вставной шкалой из молочного стекла, цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$. Резервуар с остальной частью термометра составляет угол 135° . От резервуара до начала шкалы термометр имеет термоизоляцию, состоящую из золы и ваты.

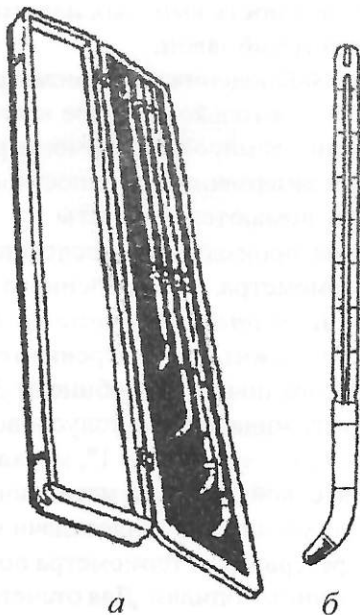


Рис. 5.5. Комплект термометров Савинова (а), термометр Савинова (б)

Термоизоляция необходима для того, чтобы температура вышележащих слоев почвы не влияла на показания термометра.

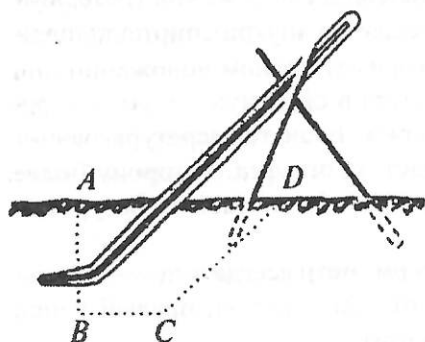


Рис. 5.6. Установка термометра Савинова

Траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов земли с постепенной трамбовкой.

Наблюдения по термометрам Савинова производятся только в теплое время года. При наступлении заморозков термометры убирают, так как при замерзании поверхностного слоя почвы они часто ломаются. Отсчеты по термометрам Савинова производятся последовательно, начиная от термометра, установленного на глубине 5 см.

Походный термометр-щуп Иванова (рис. 5.7) служит для измерения температуры пахотного слоя почвы на глубине от 3 до 30 см. Он состоит из жидкостного толуолового термометра с ценой деления шкалы 1° , металлической или пластмассовой оправы и металлического наконечника. Для улучшения теплоотдачи между наконечником и резервуаром термометра помещены медные или латунные опилки. Для отсчета температуры в верхней части оправы термометра сделан продольный вырез, защищенный органическим стеклом. На обратной стороне оправы нанесена шкала в сан-

Устанавливаются почвенные термометры Савинова на той же площадке, что и термометры для измерения температуры поверхности почвы. Сначала выкапывают узкую и неглубокую траншею в направлении с востока на запад. Землю вынимают пластами. Северную стенку траншеи делают отвесной.

В отвесную стенку траншеи на нужной глубине горизонтально вдавливают резервуары термометров (рис. 5.6).

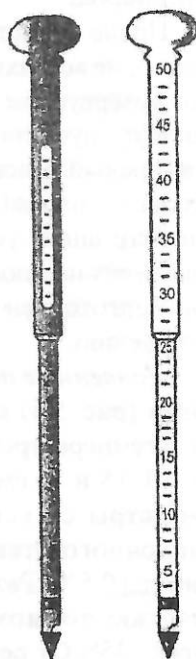


Рис. 5.7. Термометр-щуп

тиметрах, по которой отсчитывают глубину погружения термометра.

При измерении температуры почвы сначала пробуривают вертикальную скважину, в которую опускают термометр так, чтобы наконечник с резервуаром слегка вдавился в почву. Термометр выдерживают в скважине в течение 20 мин. Наблюдения по термометру-шупу делают только в теплое время года.

Вытяжные термометры (рис. 5.8) служат для измерения температуры на больших глубинах (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м). Термометр заключен в металлическую или пластмассовую оправу 1 с прорезом для шкалы. В нижней части оправы имеется небольшое отверстие 2, через которое резервуар термометра засыпают медными опилками, после чего отверстие заливают парафином. Этим добиваются увеличения тепловой инерции термометра, необходимой для сохранения температуры при производстве отсчетов, а также для создания непрерывной, хорошо проводящей среды между резервуаром термометра и почвой.

Оправа вместе с термометром прикрепляется к деревянной палке 3, на противоположном конце палки привинчен колпачок 4 с кольцом. Эбонитовая или винилфлексовая трубка 5 с металлической гильзой 6 на конце плотно вставляется на нужную глубину в скважину, сделанную специальным буром; после этого в трубку осторожно опускают термометр. Колпачок 4 на верхнем конце палки служит крышкой, предохраняющей от попадания атмосферных осадков и грязи внутрь трубки.

Вытяжные термометры устанавливают на открытом месте с естественным почвенным покрытием (летом — трава, зимой — снег). Термометры располагают в один ряд с востока на запад (рис. 5.9). Верхние концы трубок должны выступать над поверхностью земли на высоту, превышающую высоту снежного покрова (60–100 см). Для сохранения естественного покрова около термометров с северной стороны делается специальный откидной помост, с которого и производятся отсчеты. Во время наблюдений

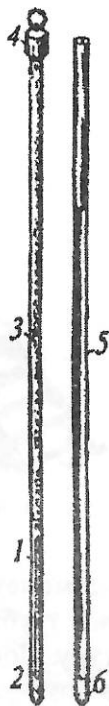


Рис. 5.8. Вытяжной почвенный термометр

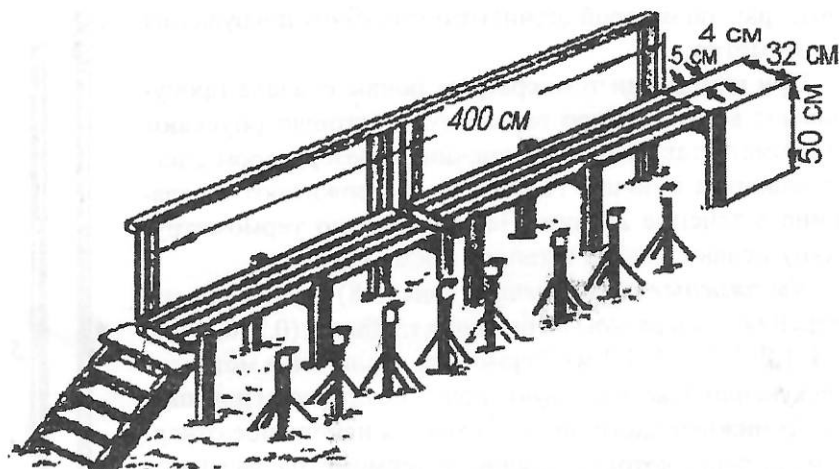


Рис. 5.9. Установка почвенных вытяжных термометров

термометр осторожно вынимают из эбонитовой трубки за кольцо и отсчитывают температуру. После наблюдения термометр опускают в трубку.

Для измерения *температуры поверхностного слоя воды* служит термометр, заключенный в специальную оправу (рис. 5.10). Цена деления шкалы этого термометр $0,2^{\circ}\text{C}$. Оправа состоит из металлической трубки 1 и стаканчика 2, которые свинчиваются между собой. Трубка имеет прорезь для шкалы. Металлический стаканчик имеет отверстия в верхней части, через которые заливается вода, когда термометр погружают в воду. При измерении температуры воды термометр опускают в воду на шнуре и выдерживают около 5 мин. Затем его вынимают и, не выливая воды из стакана, быстро делают отсчет.

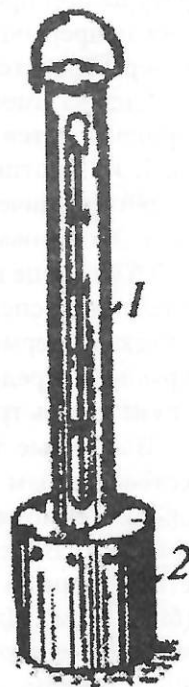


Рис. 5.10. Термометр для измерения температуры воды

Термометры для измерения температуры воздуха

Наибольшее распространение для измерения температуры воздуха получили жидкостные термометры. На метеорологических станциях температуру воздуха измеряют по сухому термометру стационарного психрометра, который также предназначен для определения характеристик влажности (рис. 5.11). Стационарный психрометр устанавливается в психрометрической будке (подробнее о приборе см. раздел VI. Влажность воздуха).

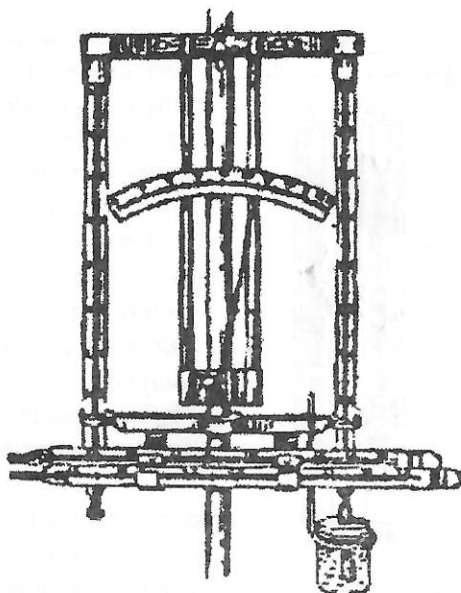


Рис. 5.11. Установка термометров в психрометрической будке

Психрометрические термометры имеют вставную шкалу из молочного стекла; цена деления $0,2^{\circ}\text{C}$.

Отсчеты производятся с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Эти термометры очень чувствительные и малоинерционные. Резервуар термометра имеет форму шара. На верхнем конце защитной трубки имеется металлический колпачок с закраиной, который служит для закрепления термометра в вертикальном положении внутри психрометрической будки.

Психрометрические термометры изготавливаются с различными пределами шкалы: ртутные (от -35 до $+41^{\circ}\text{C}$) и ртутно-галиевые (от -55 до $+35^{\circ}\text{C}$). Последние применяются в районах с низкой температурой воздуха.

Для измерения температуры воздуха в полевых условиях применяют сухой термометр аспирационного психрометра и термометр-пращ.

Термометр аспирационного психрометра (рис. 5.12) – ртутный, имеет вставную шкалу из молочного стекла, цена деле-

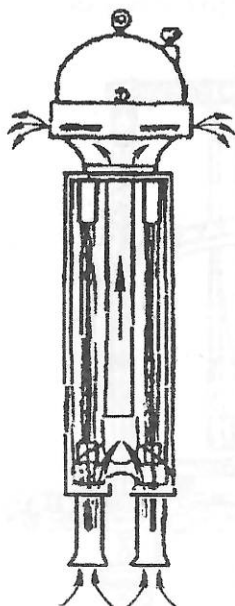


Рис. 5.12. Схема движения воздуха в аспирационном психрометре

ния шкалы $0,2^{\circ}\text{C}$. От психрометрического стационарного термометра он отличается меньшими размерами и формой резервуара. Этот термометр является частью аспирационного психрометра, служащего для измерения температуры и влажности воздуха в полевых условиях (описание методики и прибора см. в разделе VI. Влажность воздуха).

Термометр-пращ – ртутный палочный термометр (рис. 5.13), представляет собой толстостенную трубку с узким капилляром и с резервуаром, выдутым в конце этой же трубки. Шкала нанесена на передней внешней стороне. Для удобства и быстроты отсчета противоположная сторона термометра покрыта молочным стеклом, цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$. На верхнем конце термометра имеется шарик, к которому привязывают шнур

в горизонтальной плоскости на высоте вытянутой руки. Чтобы термометр принял температуру воздуха, рекомендуется вращать его 2–3 мин. Затем шнур наматывают на указательный палец и быстро делают отсчет.

Для измерения максимальной и минимальной температуры воздуха применяются такие же термометры, как и для измерения максимальной и минимальной температуры почвы. Устанавливаются термометры в психрометрической будке на штативе в горизонтальном положении (рис. 5.14). В отсчет по штифту минимального термометра кроме инструментальной вводят еще одну особую добавочную поправку. Она необходима потому, что спирт частично испаряется и конден-

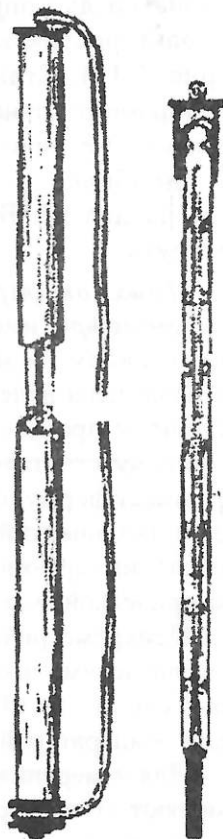


Рис. 5.13. Термометр-пращ с футляром и шнуром

сируется на стенках в верхней части капилляра. В результате этого объем спирта в резервуаре уменьшается, и показания термометра оказываются заниженными. Добавочная поправка определяется следующим образом: ежедневно по наблюдениям в 9 и 12 ч находят разность показаний психрометрического термометра и спирта минимального термометра. Затем вычисляют среднюю месячную величину этих разностей, которая и является добавочной поправкой. Вводится поправка в ежедневные отсчеты по штифту минимального термометра в конце каждого месяца.

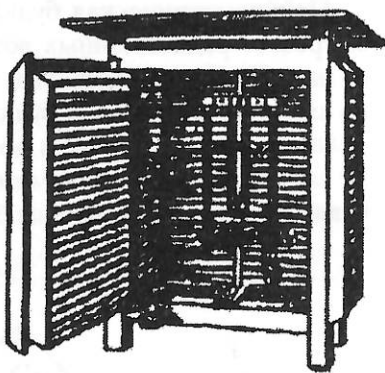


Рис. 5.14. Внутренний вид психрометрической будки с установкой приборов

Психрометрическая будка

Психрометрическая будка представляет собой небольшой деревянный шкаф размером 29х46х59 см (рис. 5.15). Боковые ее стенки сделаны из двойного ряда наклонных планок в виде жалюзи. Одна из стенок служит дверцей. Сверху будка имеет горизонтальный потолок, над которым располагается крыша. Размеры крыши больше размеров потолка, ее скат сделан на юг. Дно будки состоит из трех отдельных планок, причем средняя планка расположена немного выше крайних. Между планками имеются широкие просветы. Жалюзийные стенки и пол обеспечивают свободный доступ воздуха к приборам. Но хорошая вентиляция будки наблюдается только при ветре, в тихую погоду в будке может быть застой воздуха.

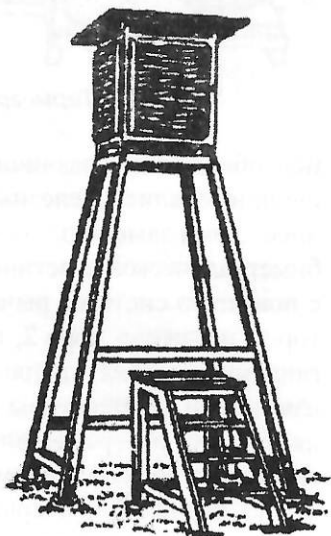


Рис. 5.15. Общий вид психрометрической будки

Психрометрическая будка предназначена для защиты термометров от радиационных воздействий и осадков. Устанавливают ее на деревянной подставке, чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м от почвы. Будку ориентируют дверцей на север. Это делается для того, чтобы во время наблюдений солнечные лучи не могли попасть на термометры. Будка внутри и снаружи, подставка и лесенка окрашены белой масляной краской.

Термографы

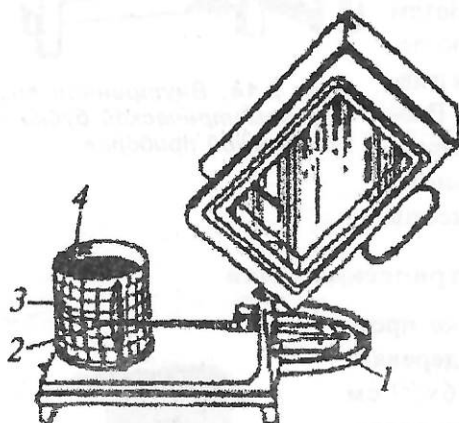


Рис. 5.16. Термограф

Кроме жидкостных термометров на метеорологических станциях устанавливаются *термографы*, принцип действия которых основан на изменении линейных размеров твердых тел с изменением температуры воздуха во времени.

Приемной частью термографа, реагирующей на изменения температуры воздуха, служит изогнутая пластинка 1 (рис. 5.16). Она состоит из двух металлических пластинок, обладающих различными коэффициентами расширения.

Раньше применялись железные и медные пластинки, которые в последнее время заменены на инвар и немагнитную сталь. Один конец биметаллической пластинки закреплен неподвижно, к другому концу с помощью системы рычагов присоединена стрелка, на конце которой насажено перо 2, наполняемое анилиновыми чернилами с глицерином, предохраняющим их от высыхания и замерзания. При изменении температуры воздуха биметаллическая пластинка меняет изгиб, и перемещения ее конца в увеличенном виде передаются на стрелку с пером. Перо, прикасаясь к ленте на вращающемся барабане, вычерчивает на ней кривую, соответствующую изменениям температуры воздуха. Барабан приводится в движение часовым механизмом 3. В зависимости от скорости вращения барабана термограф и другие самописцы бывают суточные и не-

дельные. Ленты суточных самописцев имеют цену деления по горизонтальной шкале времени 15 мин, а недельные – 2 ч. Цена деления вертикальной шкалы ленты термографа равна 1°С (рис. 5.17). Часовой механизм барабана может отставать или уходить вперед. Для регулировки хода предусмотрена стрелка-регулятор, расположенная в верхней части барабана около ключа 4, предназначенного для завода часового механизма. Смену лент на суточном термографе производят каждые сутки, как правило, в 12-часовой срок наблюдений, а на недельном – по понедельникам в тот же срок. Ленты с записью колебаний температуры воздуха (термограммы) сохраняют и обрабатывают.

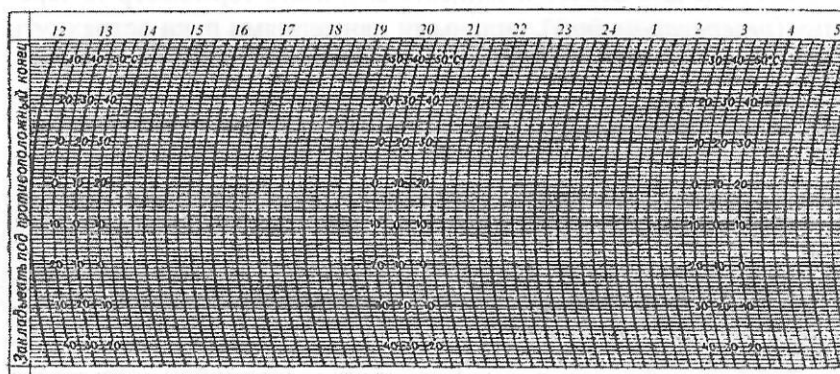


Рис. 5.17. Лента термографа

ЗАДАНИЕ 5.1. Знакомство с термометрами различного вида

Принадлежности: термометры срочный, минимальный, максимальный, Савинова, глубинные вытяжные, для воды, психрометрический, термометр к аспирационному психрометру, термометр-пращ.

Порядок выполнения задания

А. Напочвенные термометры

1. Ознакомиться с устройством термометров для измерения температуры поверхности почвы: срочного, максимального и минимального и вычертить их схемы (во время опыта необходимо сохранять термометр в горизонтальном положении). Определить цену деления этих термометров и их пределы.

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

3. Ознакомиться с методикой наблюдений по минимальному термометру. Для этого необходимо охладить его резервуар каким-либо способом, например, ватой, смоченной в спирте. Проследить за движением штифта во время охлаждения. После охлаждения выждать, пока термометр вновь примет первоначальную температуру. Сделать отсчеты, записать их и ввести поправки.

4. Ознакомиться с методикой наблюдения по максимальному термометру. Для этого нагреть его рукой до 30–35° С. Выждать 3–4 мин, сделать отсчет и записать его; взять термометр за середину (*резервуаром вниз*), сильными движениями руки встряхнуть его несколько раз, пока показания не будут соответствовать показаниям срочного термометра. Сделать отсчет после встряхивания. Данные наблюдений записать по форме (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Измерение температуры воздуха и почвы различными термометрами

Наименование термометра		Отсчет	Поправка	Исправленная величина
Срочный	—			
Максимальный	до встряхивания			
	после встряхивания			
Минимальный	штифт			
	спирт			

Б. Термометры Савинова

1. Ознакомиться с устройством коленчатых почвенных термометров Савинова и способом их установки на различной глубине в поверхностном слое почвы. Вычертить схему термометров и установки.

2. Определить цену деления шкал этих термометров и их пределы; уяснить назначение термоизоляционной набивки в нижней части термометрических трубок.

3. Произвести отсчеты и внести в них поправки.

В. Глубинные вытяжные термометры

1. Ознакомиться с устройством и способом их установки.
2. Вычертить схему термометра в оправе, выделить объем, заполненный медными опилками.
3. Произвести на учебной площадке измерения температуры почвы на различных глубинах.

Г. Термометры для измерения температуры воды

1. Ознакомиться с устройством термометра, с конструкцией его оправы и способом крепления термометра в оправе.
2. Измерить температуру поверхностного слоя воды в сосуде с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$.
3. Определить промежуток времени в минутах, в течение которого термометр принимает температуру окружающей среды.

Д. Термометры для измерения температуры воздуха

1. Ознакомиться с устройством термометров: стационарным термометром, термометром аспирационного психрометра, термометром-пращом.
2. Определить цену деления шкалы и ее пределы для каждого термометра.
3. Ознакомиться с устройством психрометрической будки и установкой приборов в ней.

Контрольные вопросы

1. Почему в минимальных термометрах в качестве термометрической жидкости используют спирт?
2. Как отсчитать температуру по вытяжным термометрам?
3. Зачем термометры Савинова убирают на холодное время года?
4. В каком положении устанавливаются максимальные и минимальные термометры?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованные в тетради схемы термометров,
- отсчеты по термометрам в обработанном виде,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 5.2. Знакомство с устройством термографа

Принадлежности: термограф, чистая лента, флакон с чернилами.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством приемной и пишущей частей суточного термографа и с его работой, вычертить схему термографа.

2. Сменить ленту на термографе, действуя следующим образом:

- отвести арретиром пишущее перо термографа от барабана и снять барабан с оси; вынуть из гнезда барабана пружинную полоску, закрепляющую ленту; наложить на барабан чистую ленту так, чтобы левый ее край находил на правый как раз в том месте, где вставляется пружина; лента должна плотно прилегать к поверхности барабана и доходить нижним краем вплотную до выступа основания; горизонтальные линии на обоих концах ленты должны быть совмещены; после этого закрепить ленту пружиной;
- завести ключом часовой механизм, вмонтированный в барабан;
- надеть барабан на ось так, чтобы произошло сцепление шестеренки барабана с неподвижной шестерней на корпусе прибора;
- винтом в приемной части прибора и отверткой отрегулировать положение пера, т. е. установить его на деление ленты, соответствующее показаниям «сухого» психрометрического термометра;
- проверить правильность нажима пера на ленту; для этого нужно наклонить прибор на 30–40°; посмотреть, насколько отходит перо от барабана; при правильном нажиме перо должно лишь слегка (1–2 мм) отходить от барабана; в противном случае необходимо отрегулировать нажим пера вращением винта у основания стрелки;
- наполнить перо чернилами; придвинуть арретир так, чтобы перо прикоснулось к барабану;
- поворачивая слегка барабан вокруг вертикальной оси добиться, чтобы начало записи на ленте по масштабу соответствовало показаниям минутной стрелки часов в этот момент;

- написать время установки (часы и минуты) в левом верхнем углу ленты;
- уничтожить «мертвый» ход вращения барабана против часовой стрелки.

Контрольные вопросы

1. Что служит в термографе приемником температуры?
2. Как и где устанавливается термограф на метеорологических станциях?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему термографа,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 5.3. Обработка термограммы

Порядок выполнения задания

Обработать запись термографа за сутки. Для этого необходимо:

- разметить карандашом короткими поперечными линиями каждый час в интервалах между имеющимися на ленте засечками, сделанными в срочные часы;
- снять и записать по форме (табл. 5.2) ежечасные показания термографа как в основные сроки наблюдений, так и в между-срочные часы;
- вписать в ту же таблицу истинные значения температуры воздуха (по «сухому» термометру) в срочные часы, надписанные на ленте термографа;
- вычислить разность между истинными значениями температуры в срочные часы и показаниями самописца. Эти разности и будут поправками к показаниям записи прибора в срочные часы;
- путем равномерной интерполяции определить поправки для всех остальных промежуточных часов; для этого надо разность поправок в соседние сроки наблюдений разделить на число часов между ними (с точностью до 0,01); полученное среднее изменение поправки термографа за каждый час алгебраически при-

бавляем к поправке первого срочного часа и всех последующих; полученные значения поправок для каждого часа между двумя сроками наблюдений записать в таблицу по форме (табл. 5.2) с точностью до 0,1;

- алгебраически прибавив найденные для каждого часа поправки к показаниям термографа, получим истинные значения температуры воздуха за каждый час;
- найти по записи на ленте самое высокое (максимум) и самое низкое (минимум) положение пера и, исправив их поправками для ближайших к ним часов, записать по форме (табл. 5.2), отметив время их наступления;
- вычислить и записать по форме (табл. 5.2) полную амплитуду суточных изменений за данный день, т. е. разность между максимумом и минимумом температуры воздуха за сутки.

Таблица 5.2

Обработка ленты термографа

	Часы			За 24 ч		За 8 сроков		Максимум		Минимум		Амплитуда, °С
	1	...	24	сумма	среднее	сумма	среднее	t, °С	время	t, °С	время	
Отсчет по ленте												
Поправка												
Исправленная величина												

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо обрабатывать ленты термографа?
2. Какую величину выписывают на ленту в срочные часы?
3. С какой целью делают засечки на ленте термографа в срочные часы наблюдений?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему ленты термографа,
- таблицу с данными обработки ленты,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

VI. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Основные характеристики влажности воздуха и методы их измерения

В атмосферном воздухе всегда имеется водяной пар, содержание которого меняется по объему в пределах 0–4%. Содержание водяного пара в воздухе характеризуется различными величинами. Приведем важнейшие из них.

Абсолютная влажность a , или плотность водяного пара, — количество водяного пара в единице объема, г/м³.

Парциальное давление водяного пара¹ e , содержащегося в воздухе, гектопаскали, гПа.

Давление насыщения водяного пара E — максимально возможное давление водяного пара при данной температуре, гектопаскали, гПа.

Относительная влажность f — процентное отношение фактического давления водяного пара e к давлению насыщенного пара E при данной температуре:

$$f = \frac{e}{E} 100\% . \quad (6.1)$$

Удельная влажность q — отношение плотности водяного пара в единице объема к общей плотности влажного воздуха в том же объеме, г/г, г/кг:

$$q = \frac{\rho_w}{\rho} \approx 0,622 \frac{e}{p} . \quad (6.2)$$

Удельную влажность можно выразить количеством водяного пара в граммах, содержащегося в 1 кг влажного воздуха г/кг.

¹ Эквивалентное устаревшее название — упругость водяного пара.

Дефицит влажности d – разность между давлением насыщенного водяного пара E при данной температуре воздуха и фактическим давлением водяного пара e , гПа:

$$d = E - e. \quad (6.3)$$

Точка росы t_d – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, достигнет состояния насыщения.

Для измерения влажности воздуха применяются различные *методы*: абсолютный (весовой), психрометрический, определение влажности волосным или пленочным гигрометрами, по точке росы.

Психрометрический метод

Основным методом для измерения влажности воздуха, принятым на сети метеорологических станций, является психрометрический метод. Определение влажности воздуха этим методом осуществляется по показанию *психрометра* – прибора, состоящего из двух термометров, называемых «сухой» и «смоченный».

Сухой термометр психрометра показывает температуру воздуха. Приемная часть (резервуар) *смоченного* термометра обертывается батистом, находящимся в увлажненном состоянии. С поверхности обернутого влажным батистом резервуара происходит испарение, на которое затрачивается тепло. Следовательно, смоченный термометр показывает не температуру воздуха, а собственную температуру резервуара, зависящую от интенсивности испарения с его поверхности. Чем больше дефицит влажности, тем интенсивнее будет происходить испарение и, следовательно, тем ниже будут показания смоченного термометра.

По закону Дальтона количество воды V , испарившейся с некоторой поверхности, прямо пропорционально дефициту влажности $(E' - e)$ при температуре испаряющей поверхности t' и обратно пропорционально атмосферному давлению p .

$$V = \frac{c(E' - e)S}{p}, \quad (6.4)$$

где c – коэффициент пропорциональности, E' – давление насыщения водяного пара при температуре испаряющей поверхности, e – фактическое давление водяного пара, находящегося в воздухе, S – площадь испаряющей поверхности.

Умножив количество испарившейся воды на скрытую теплоту парообразования L , получим расход тепла Q_1 на испарение с поверхности резервуара смоченного термометра:

$$Q_1 = \frac{c(E' - e)S}{p} \cdot L. \quad (6.5)$$

Разность между температурой смоченного термометра и окружающего его воздуха обуславливает поступление тепла к смоченному термометру. По закону Ньютона количество тепла Q_2 пропорционально разности температуры воздуха и смоченного термометра $(t - t')$:

$$Q_2 = hS(t - t'), \quad (6.6)$$

где h – коэффициент пропорциональности.

Влажность воздуха определяют при установившихся показаниях смоченного термометра, когда расход тепла на испарение с его поверхности равен приходу тепла, поступающего из окружающего воздуха: $Q_1 = Q_2$, т. е.

$$\frac{c(E' - e)S}{p} \cdot L = hS(t - t'). \quad (6.7)$$

Объединив коэффициенты, заменив их все на один коэффициент $A = h / Lc$, получим формулу

$$e = E' - A(t - t')p. \quad (6.8)$$

Эта формула называется *основной психрометрической*, где A – постоянная психрометра, зависящая от его конструкции и главным образом от скорости движения воздуха около приемной части психрометра.

Для измерения влажности воздуха используют два типа психрометров: *станционный* и *аспирационный*.

Станционный психрометр

Станционный психрометр состоит из двух одинаковых термометров с делениями $0,2^\circ\text{C}$, установленных вертикально на штативе в психрометрической будке (см. рис. 5.11). Резервуар правого термометра плотно обертывается в один слой кусочком батиста, конец которого опускается в стаканчик с дис-

тиллированной водой (рис. 6.1). Стаканчик закрывается крышкой с прорезью для батиста.

Наблюдения по стационарному психрометру. Отсчеты по термометрам должны производиться как можно быстрее, так как присутствие наблюдателя вблизи термометров может исказить их показания. Вначале отсчитываются и записываются десятые доли, а затем – целые градусы.

Наблюдения по психрометру проводятся при любой положительной температуре воздуха, а при отрицательной температуре – только до -10°C , так как при более низкой температуре результаты становятся ненадежными. При температуре воздуха ниже 0°C кончик батиста на смоченном термометре обрезается. Батист смачивают за 30 мин до начала наблюдений, погружая резервуар термометра в стаканчик с водой.

При отрицательной температуре вода на батисте может быть не только в твердом состоянии (лед), но и в жидком (переохлажденная вода). По наружному виду установить состояние воды на батисте весьма трудно. Для этого необходимо прикоснуться к батисту карандашом, на конце которого имеется кусочек льда или снега, и следить за показаниями термометра. Если в момент прикосновения столбик ртути повысится, то на батисте была вода, которая перешла в лед; при этом выделилась скрытая теплота, за счет чего и увеличилось показание термометра. Если же от прикосновения к батисту показание термометра не меняется, значит на батисте был лед, и изменения агрегатного состояния не происходит.

Учет агрегатного состояния воды на резервуаре смоченного термометра весьма важен, так как максимальное парциальное давление водяного пара (давление насыщения), которое входит в психрометрическую формулу, различается надо льдом и над водой.

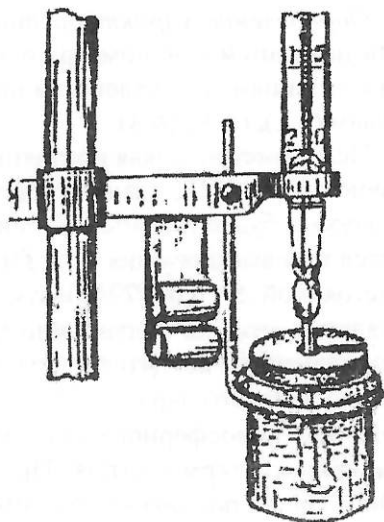


Рис. 6.1. Психрометрический стаканчик

Определение характеристик влажности воздуха на основании показаний психрометра осуществляется по психрометрическим таблицам, составленным по результатам вычислений по формулам (6.1), (6.3), (6.8).

Психрометрическая постоянная A в формуле (6.8) принимается равной 0,0007947, что соответствует средней скорости движения воздуха в будке (0,8 м/с). В психрометрических таблицах приводятся готовые значения t_p , e , f и d для разных сочетаний t и t' при постоянной $A = 0,0007947$ и атмосферном давлении 1000 гПа. Если давление воздуха больше или меньше 1000 гПа, к характеристикам влажности вводятся поправки. Поправку к парциальному давлению водяного пара e находят в психрометрических таблицах по величине атмосферного давления и разности показаний сухого и смоченного термометров. При атмосферном давлении меньше 1000 гПа эта поправка положительна, если превышает 1000 гПа — ее вводят со знаком минус.

Физический смысл этой поправки сводится к следующему. С изменением атмосферного давления при одном и том же количестве водяного пара в воздухе скорость испарения с поверхности смоченного термометра не остается постоянной (см. формулу (6.4)), а следовательно, и его показания меняются. Если давление в момент наблюдений ниже 1000 гПа, показания смоченного термометра и парциального давления водяного пара окажутся заниженными, поэтому поправка вводится со знаком плюс. Очевидно, что при давлении больше 1000 гПа поправка будет отрицательной.

Ошибки при измерении влажности. Ошибка в определении разности температуры сухого и смоченного термометров влечет за собой ошибки в определении характеристик влажности. Величина этих ошибок будет неодинаковой для различных значений температуры. Например, если в определении разности температуры допущена неточность в 0,1°C, она приводит к следующей ошибке в определении относительной влажности при различной температуре (табл. 6.1).

Отсюда видно, что ошибка быстро растет при отрицательной температуре.

Второй причиной, вызывающей ошибку в определении влажности воздуха по стационарному психрометру, является непостоянство скорости движения воздуха в психрометрической будке. Как ука-

Таблица 6.1

Ошибка в определении относительной
влажности в зависимости от температуры

Температура воздуха, °С	-10	0	10	20	30
Ошибка относительной влажности, %	4	2	1	1	1

зано выше, для получения психрометрической постоянной A принята скорость движения воздуха в будке, равная 0,8 м/с. В действительности она может значительно отличаться от этой величины в зависимости от скорости ветра вне будки; следовательно, будет меняться и психрометрическая постоянная A .

Экспериментально установлено, что при изменении скорости ветра от 0,3 до 4 м/с величина ошибки во влажности может достигать ± 1 гПа для парциального давления водяного пара и $\pm 7\%$ для относительной влажности. Поскольку поправка на скорость ветра не вводится, иногда возникают значительные погрешности в определении характеристик влажности воздуха по этому прибору.

Несмотря на указанные недостатки, стационарный психрометр благодаря его простоте является основным прибором, применяемым на метеорологических станциях.

Аспирационный психрометр Ассмана

Принцип действия *аспирационного* психрометра такой же, как и стационарного. Преимуществом аспирационного психрометра является постоянная скорость движения воздуха (2 м/с) у приемной части термометров, что достигается искусственной вентиляцией.

Психрометрическая постоянная для этого прибора равна 0,000662. Два психрометрических термометра 1, 2, меньшего размера, чем термометры стационарного психрометра, но с той же ценой деления (0,2°С), помещены в металлической оправе (рис. 6.2). Оправа состоит из трубки 3, раздваивающейся книзу, и боковых защит 4. Верхний конец трубки 3 соединен с аспиратором 7, просасывающим наружный воздух через трубки 5 и 6, в которых находятся резервуары термометров 10, 11. Аспиратор имеет пружинный

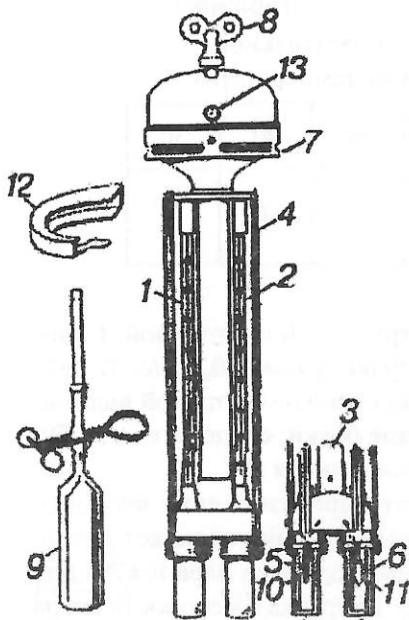


Рис. 6.2. Аспирационный психрометр: 1, 2 – аспирационные термометры, 3, 4, 5, 6 – трубки боковой защиты, 7 – аспиратор, 8 – ключ, 9 – груша Ассмана с пипеткой и зажимом, 10, 11 – резервуары термометров, 12 – ветровая защита, 13 – окошко

механизм. Пружина заводится ключом 8. Трубки 5 и 6 сделаны двойными. Резервуар одного из термометров (правый) обернут коротко обрезанным батистом.

Никелированная и полированная поверхность психрометра хорошо отражает солнечные лучи. Поэтому для его установки на открытом воздухе не требуется никакой дополнительной защиты. Аспирационные психрометры используются для градиентных наблюдений на метеорологических станциях, а также в полевых микроклиматических исследованиях.

Наблюдения по аспирационному психрометру. Перед наблюдением психрометр выносят из помещения зимой за 30 мин, а летом за 15 мин до начала наблюдений. Батист правого термометра смачивают резиновой грушей 9 (см. рис. 6.2) с пипеткой летом за 4 мин, а зимой за 30 мин до срока наблюдений. После смачивания заводят аспиратор, который в момент отсчета должен работать полным ходом. Поэтому зимой за 4 мин до отсчета нужно вторично завести психрометр.

Во время отсчета следует стоять так, чтобы движение воздуха было направлено от прибора к наблюдателю, а не наоборот. В случаях, когда наблюдения проводятся при сильном ветре и прибор находится в вертикальном положении, скорость аспирации нарушается. Чтобы исключить это, на аспиратор с наветренной стороны надевают ветровую защиту 12. Защита надевается при скоростях ветра более 4 м/с.

Характеристики влажности воздуха по данным аспирационного психрометра вычисляют по психрометрическим таблицам. Для при-

ведения показаний парциального давления водяного пара к табличным условиям кроме поправки, зависящей от давления, вводится поправка на скорость аспирации. Она имеет знак «плюс» при любой величине атмосферного давления, так как скорость движения воздуха, обтекающего резервуары аспирационного психрометра, выше, чем в будке. Поэтому испарение и затрата тепла на него возрастают, а температура смоченного термометра понижается по сравнению с теми же условиями для стационарного психрометра.

По абсолютной величине поправка на скорость аспирации значительно больше поправки на давление. Их сумма – общая поправка к смоченному термометру аспирационного психрометра при любых значениях атмосферного давления имеет знак «плюс».

В психрометрических таблицах суммарная поправка (на давление и скорость аспирации) вводится непосредственно к парциальному давлению водяного пара. Она определяется по разности температур сухого и смоченного термометров и величине атмосферного давления по таблице 4 [Психрометрические таблицы, 1981].

Проверка скорости аспирации. Надежные результаты наблюдения по аспирационному психрометру можно получить только в том случае, если скорость движения воздуха у приемной части термометров действительно равна 2 м/с. Об удовлетворительном состоянии аспиратора можно судить по скорости вращения барабана с заводной пружиной, установленного в головке психрометра. На барабане нанесена метка в виде черточки или стрелки, за перемещением которой можно следить через окошко 13.

Определение продолжительности оборота барабана психрометра производится следующим образом: заводят полностью пружину; устанавливают психрометр в вертикальном положении и наблюдают в окошечко появление метки на барабане; когда метка на барабане совпадет с вертикальной риской на окошке, включают секундомер, стрелки которого предварительно ставят в нулевое положение; продолжают следить в окошке до второго совпадения метки с риской, после чего останавливают секундомер; отсчитывают по секундомеру время с точностью до 1 с, которое и будет продолжительностью одного оборота барабана.

Если время одного оборота барабана отличается от указанного в поверочном свидетельстве к прибору не больше, чем на 10 с, скорость вращения барабана можно считать достаточной.

Аспирационный психрометр с электромотором

Вентилятор в данном приборе приводится в действие электромотором. Размеры и внешний вид психрометра такие же, как у обычного аспирационного. К мотору, помещенному в головке психрометра, питание подводится через шнур с вилкой, прикрепленной к защитному кожуху головки психрометра. Психрометры выпускаются с моторами переменного тока 127 и 220 в. Скорость вентиляции у резервуаров термометров этого психрометра составляет 2 м/с.

Определение влажности воздуха гигрометрами

В настоящее время на сети метеорологических станций применяют два типа гигрометров: волосные и пленочные.

Волосной гигрометр

Основной частью *волосного гигрометра* (рис. 6.3) является обезжиренный (обработанный в эфире и спирте) человеческий волос, обладающий свойством изменять длину под влиянием изменения относительной влажности. При уменьшении относительной влажности волос 1, укрепленный на раме 2, укорачивается, при увеличении – удлиняется.

Верхний конец волоса прикреплен к регулировочному винту 3, с помощью которого можно менять положение стрелки 7 на шкале 9 гигрометра. Нижний конец волоса соединен с блоком в виде дужки 4, сидящей на стержне 5. Грузик 6 этого блока

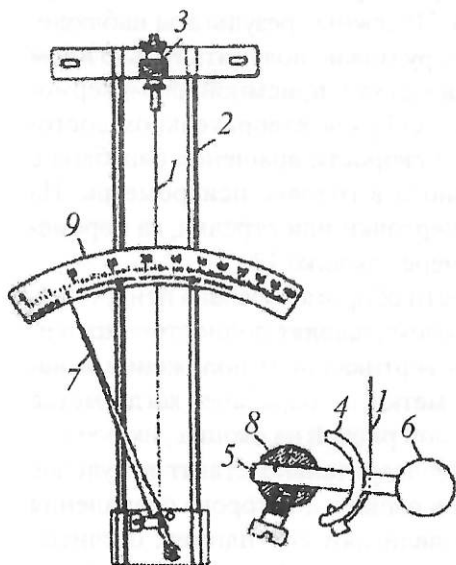


Рис. 6.3. Волосной гигрометр: 1 – волос, 2 – рама, 3 – регулировочный винт, 4 – дужка, 5 – стержень, 6 – грузик, 7 – стрелка, 8 – блок, 9 – шкала

служит для натяжения волоса. На оси блока 8 укреплена стрелка 7, свободный конец которой при изменении влажности перемещается по шкале.

Цена деления шкалы гигрометра – 1% относительной влажности. Деления на шкале неравномерны: при небольших значениях влажности они крупнее, а при больших – мельче. Применение такой шкалы обусловлено тем, что изменение длины волоса идет быстрее при малых величинах влажности и медленнее при больших ее значениях.

Гигрометр рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха от -50 до $+55^{\circ}\text{C}$.

Пленочный гигрометр

Действие *пленочного гигрометра* (рис. 6.4) основано на свойстве гигроскопической органической пленки изменять линейные размеры при изменении относительной влажности воздуха. Прибор состоит из чувствительного элемента влажности 1, передаточной системы, стрелки 2, шкалы 3 и металлической рамки 4, на которой крепятся узлы и детали прибора. Деформация пленки преобразуется передаточным механизмом в перемещение стрелки относительно шкалы прибора. Постоянное натяжение пленки обеспечивается специальным грузиком 5. Шкала прибора имеет равномерные деления. Начальная установка стрелки прибора на нужное деление шкалы осуществляется вращением винтов 6, крепящих чувствительный элемент к рамке прибора. Гигрометр

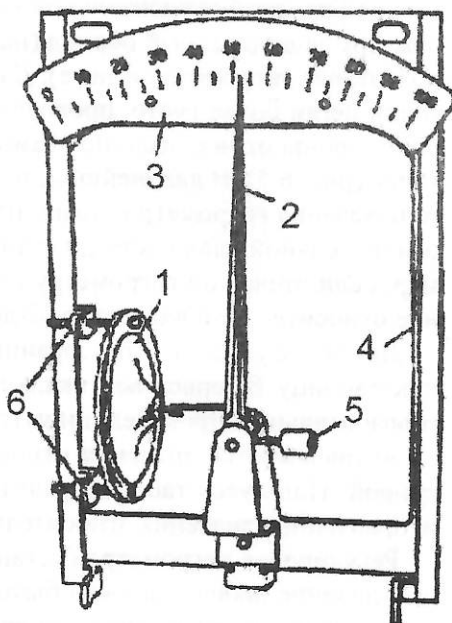


Рис. 6.4. Пленочный гигрометр: 1 – чувствительный элемент, 2 – стрелка, 3 – шкала, 4 – рамка, 5 – грузик, 6 – винты

рассчитан на работу в диапазоне температуры от -60 до $+35^{\circ}$ С. Он хорошо работает в климатических условиях с низкой температурой и высокой относительной влажностью (Антарктида, Арктика).

Наблюдения по гигрометрам. Гигрометр (волосной или пленочный) устанавливается в той же психрометрической будке, где помещается стационарный психрометр, и крепится на штатив между сухим и смоченным термометрами. Отсчет по гигрометру с точностью до целого деления проводится сразу же после отсчета по психрометрическим термометрам, чтобы разница во времени между наблюдениями была возможно меньше.

Поправки гигрометров. При продолжительном действии гигрометры становятся менее чувствительными к изменению влажности: волос вытягивается и загрязняется, а пленка высыхает. Учитывая это, приходится часто сверять прибор с психрометром и находить его поправки, для чего применяется *графический прием*. На координатную сетку наносят точки по данным одновременных наблюдений относительной влажности по психрометру и гигрометру за длительный период (например, за осенние месяцы при подготовке гигрометра к зиме). Далее через середину полосы, где точки легли более густо, проводят плавную линию так, чтобы по обе стороны от нее было по возможности одинаковое количество точек (рис. 6.5). В дальнейшем, пользуясь этой линией, для любого показания гигрометра можно найти соответствующее значение относительной влажности по стационарному психрометру. Например, если отсчет по гигрометру был 75%, то исправленное значение относительной влажности будет 73% (см. рис. 6.5).

Для более удобного пользования графиком составляют переводную таблицу. В первом вертикальном столбце (десятки) и в первой горизонтальной строке (единицы) дается шкала гигрометра. В клетки выписываются значения относительной влажности, снятые с кривой. Пользуясь таблицей, по показаниям гигрометра находят исправленные значения относительной влажности.

Регулировка гигрометра (установка стрелки на соответствующее деление шкалы) должна быть проведена до составления таблицы поправок, так как всякое перемещение стрелки вызывает изменение поправок гигрометра.

Особое значение наблюдения по гигрометру имеют в зимнее время года, когда этот прибор нередко остается единственным для

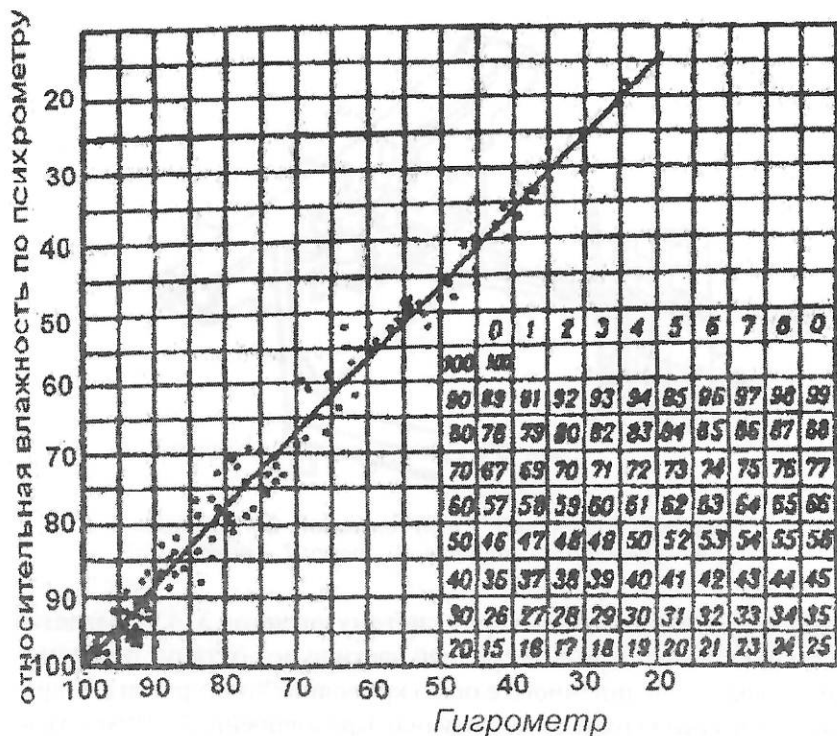


Рис. 6.5. График поправок гигрометра

определения влажности воздуха. В осенние месяцы его тщательно регулируют и строят переводный график, которым и пользуются в течение всей зимы.

При отрицательной температуре воздуха (ниже -10°C) парциальное давление водяного пара и дефицит влажности определяют также с помощью психрометрических таблиц. Для этого используются исправленные по графику показания гигрометра и температура воздуха.

Гигрографы

Для непрерывной регистрации изменений относительной влажности используются самописцы – *гигрографы* (рис. 6.6).

Волосной гигрограф. Его приемной частью является пучок обезжиренных человеческих волос 1, прикрепленный к раме, из-

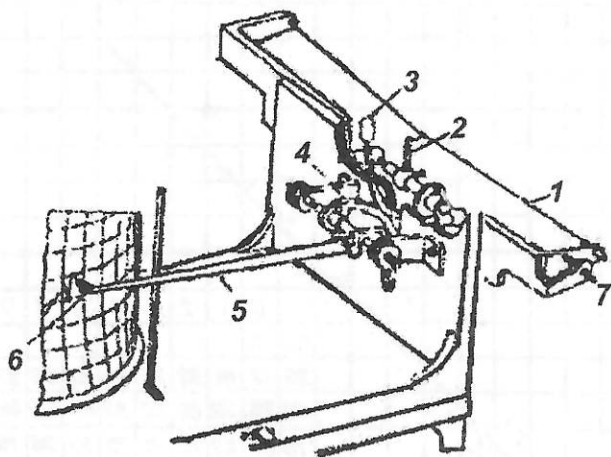


Рис. 6.6. Гигрограф: 1 – пучок волос; 2 – крючок; 3, 4 – рычаги; 5 – стрелка; 6 – перо; 7 – винт

менение длины которого через систему рычагов 3, 4 передается на стрелку 5 и на перо 6. В средней части пучок оттянут при помощи крючка 2, соединенного с осью криволинейного рычага 3, вращающегося около горизонтальной оси. Криволинейный рычаг скользит по другому криволинейному рычагу 4, соединенному общей осью с длинной стрелкой 5, имеющей на конце перо 6. Кривизна криволинейных рычагов рассчитана так, чтобы обеспечить равномерное перемещение пера на ленте при неравномерных изменениях длины пучка волос. Таким образом, деления на ленте по всей шкале влажности в отличие от шкалы гигрометра остаются одинаковыми. Для регулировки пера гигрографа служит винт 7, которым можно сблизить между собой концы пучка волос, или, наоборот, удалить их друг от друга и тем самым сместить перо на ленте. Отвод стрелки с пером 5 от барабана часового механизма 6 для прекращения записи и съема барабана при смене диаграммной ленты осуществляется поворотом отвода стрелки до упора против часовой стрелки. Опускание пера на поверхность барабана осуществляется поворотом отвода до упора в обратном направлении.

Прибор снабжен приспособлением – отметчиком, благодаря которому, не открывая крышки, легким нажимом на кнопку, нахо-

дующуюся на торцевой стенке корпуса, можно делать на диаграммной ленте отметки (засечки) времени наблюдений. Регистрирующая часть гигрографа устроена так же, как и у других самописцев. Запись производится на ленте, надетой на барабан с часовым механизмом. В зависимости от скорости оборота барабана гигрограф может быть суточным или недельным.

Пленочный гигрограф состоит из чувствительного элемента, передаточного механизма, регистрирующей части и корпуса.

В качестве чувствительного элемента так же, как и у пленочного гигрометра, используется круглая мембрана, изготовленная из специально обработанной гигроскопической органической пленки. Прогиб мембраны преобразуется передаточным механизмом в перемещение стрелки с пером по ленте самописца, закрепленной на барабане часового механизма. От механических повреждений приемник влажности огражден защитой.

Обработка лент гигрографа ведется графическим методом: по отсчетам психрометра в срочные часы и отсчетам, снятым с лент гигрографа для тех же моментов времени, составляют график и таблицу подобно тому, как это делается для гигрометров (см. рис. 6.5). Дальнейшая обработка заключается в том, что для каждого отсчета, снятого с ленты гигрографа, в таблице находят исправленные значения относительной влажности. Отсчеты по ленте гигрографа, как и по гигрометру, снимаются с точностью до 1%. Исправленные значения записи гигрографа вносятся в месячную таблицу, имеющую ту же форму, что и при обработке ленты термографа или барографа.

ЗАДАНИЕ 6.1. Знакомство с психрометрическими таблицами

Принадлежности: психрометрические таблицы.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с психрометрическими таблицами путем проработки пояснений к ним и разбора примеров.

2. Пользуясь психрометрическими таблицами, определить характеристики влажности воздуха (t_p , e , f , d , E) для следующих случаев (записать в форме табл. 6.1.1).

Таблица 6.1.1

Определение характеристик влажности воздуха с помощью психрометрических таблиц

Вид психрометра	Агрегатное состояние воды на батисте	t , °C	t' , °C	p , гПа	t_d , °C	e , гПа	f , %	d , гПа	E , гПа
Станционный (волосной) гигрометр	–	–22,7	–	–			88		
Станционный	лед	–4,2	–5,0	1028					
Станционный	вода	–4,2	–5,0	1028					
Станционный		18,8	13,5	959					
Аспирационный		25,8	19,5	980					
Аспирационный		5,0	2,9	1020					

Контрольные вопросы

1. Почему при наблюдениях по психрометрам необходимо учитывать агрегатное состояние воды на батисте?
2. При каких значениях атмосферного давления поправка к парциальному давлению водяного пара вводится со знаком «плюс» и почему?
3. Вводятся ли поправки на атмосферное давление к парциальному давлению водяного пара при наблюдениях по аспирационному психрометру?

Отчет по заданию должен содержать:

- выполненные примеры,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 6.2. Определение характеристик влажности стационарным психрометром

Принадлежности: стационарный психрометр, ртутный барометр, психрометрические таблицы.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством и зарисовать схему психрометра.
2. Отсчитать десятые доли градусов по возможности одновременно и быстро на обоих термометрах, после чего отсчитать и записать целые градусы по форме (табл. 6.2).
3. Снять отсчет по чашечному барометру.
4. Найти в сертификатах термометров инструментальные (шкаловые) поправки и ввести их к отсчетам.
5. Ввести поправки к отсчету по барометру.
6. По психрометрическим таблицам определить характеристики влажности воздуха.
7. Результаты всех наблюдений записать по форме табл. 6.2.

Таблица 6.2

Определение характеристик влажности стационарным психрометром

№ отсчета	Атмосферное давление	Стационарный психрометр						Характеристики влажности				
		сухой термометр			смоченный термометр			t_d , °C	e , гПа	f , %	d , гПа	E , гПа
		отсчет	поправка	исправленная величина	отсчет	поправка	исправленная величина					

Контрольные вопросы

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

5. Почему при наблюдениях по психрометру нужно указывать агрегатное состояние воды на батисте?

Отчет по заданию должен содержать:

- схему стационарного психрометра,
- отсчеты по психрометру и результаты первичной обработки,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 6.3. Определение характеристик влажности аспирационным психрометром

Принадлежности: аспирационный психрометр, дистиллированная вода, пипетка для смачивания, штатив для укрепления психрометра, ртутный барометр, психрометрические таблицы.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством и зарисовать схему аспирационного психрометра, на которой показать стрелками пути движения воздуха в приборе.

2. Укрепить психрометр в штативе и провести наблюдения:

- набрать в резиновую пипетку воду, надеть на нее зажим, подогнать воду в пипетке до указанной метки на стекле (или до самого верха, если нет метки);
- ввести пипетку в трубочку, где находится резервуар термометра, обвязанного батистом (правый); выждав 3–5 с, чтобы батист пропитался водой, открыть зажим и тем самым опустить воду в грушу (нужно остерегаться, чтобы в момент смачивания не нажать на грушу, так как при этом вода может попасть по соединительной трубке на сухой термометр, а также смочить стенки защитной трубки у смоченного термометра, отчего наблюдения будут ненадежными);
- после смачивания завести ключом вентилятор и заметить по часам время;
- через 4 мин после смачивания и завода сделать отсчеты. При наблюдениях, как и по стационарному психрометру, сначала быстро отсчитывают и записывают десятые доли градусов и только после этого целые градусы.

3. Снять отсчет атмосферного давления по барометру и ввести поправки к нему.

4. Найти в сертификатах термометров инструментальные (шкаловые) поправки и ввести их к показаниям термометров.

5. По исправленным показаниям сухого и смоченного термометров и по величине атмосферного давления по психрометрическим таблицам определить характеристики влажности воздуха.

6. Результаты наблюдений записать по такой же форме, как в таблице к заданию 6.2 («Наблюдения по стационарному психрометру»)

Контрольные вопросы

1. В чем заключается основное отличие аспирационного психрометра от стационарного?

2. Как можно проверить скорость аспирации психрометра?

3. Влияет ли скорость ветра на показания аспирационного психрометра?

Отчет по заданию должен содержать:

- схему аспирационного психрометра и его краткое описание,
- результаты наблюдений,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 6.4. Знакомство с гигрометрами

Принадлежности: волосной гигрометр, пленочный гигрометр, таблица (данные одновременных наблюдений влажности по психрометру и гигрометру), миллиметровка.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством гигрометров и зарисовать их схемы.

2. Руководствуясь правилами вычисления поправок гигрометра (см. выше) и используя таблицу с данными одновременных наблюдений относительной влажности по психрометру и гигрометру, построить график сравнения показаний гигрометра и психрометра.

Контрольные вопросы

1. Почему деления шкалы волосного гигрометра неравномерны?
2. Почему гигрометры не имеют поправок в сертификате?
3. Как и когда можно переставлять стрелку волосного гигрометра?

Отчет по заданию должен содержать:

- схему приборов,
- график сравнения показаний психрометра и гигрометра,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 6.5. Знакомство с устройством и регулировкой гигрографов

Принадлежности: гигрограф волосной, гигрограф пленочный, новая чистая лента гигрографа, ленты с записью недельного и точного гигрографов, чернила для самописцев.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством приборов, зарисовать схему приемной части и передаточного механизма каждого из них.
2. Наложить ленту на барабан. Для этого вначале сделать необходимые надписи: на обратной стороне ленты указать пункт наблюдения, номер прибора, дату установки ленты.
3. Поставить перо на деление ленты, соответствующее величине относительной влажности, полученной в результате наблюдений по психрометру (для этого нужно ключом повернуть регулировочный винт, см. рис. 6.6).
4. Придвинуть вертикальный стержень (арретир) так, чтобы перо прикоснулось к ленте.
5. Время установки (часы и минуты) пометить на лицевой стороне ленты.
6. Уничтожить «мертвый» ход барабана.

Контрольные вопросы

1. Почему деления на ленте волосного гигрографа равномерны по всей шкале?

2. Как и для чего делаются контрольные метки (засечки) на ленте гигрографа?

3. Как обрабатывается лента гигрографа?

Отчет по заданию должен содержать:

- схему гигрографов,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

VII. ОБЛАЧНОСТЬ

Классификация облаков

Наблюдения за облачностью состоят в определении: количества облаков; форм облаков; высоты их нижней границы.

Облака – продукты конденсации или сублимации водяного пара в атмосфере. Конденсация водяного пара происходит лишь в случае, когда воздух достигает состояния насыщения, т. е. когда парциальное давление водяного пара достигает предельно возможного при данной температуре значения. Состояние насыщения обычно наступает вследствие понижения температуры воздуха до точки росы и ниже.

Охлаждение воздуха в атмосфере происходит в основном адиабатически при подъеме воздуха или путем отдачи тепла за счет излучения.

Для облакообразования особенно большое значение имеет адиабатическое охлаждение при подъеме воздуха, которое может быть вызвано процессами:

- конвекции внутри воздушных масс (внутримассовая конвекция);
- восходящего скольжения теплого воздуха по наклонной фронтальной поверхности, разделяющей две воздушные массы;
- волновыми движениями на поверхности раздела двух различных по физическим свойствам слоев воздуха;
- турбулентным перемешиванием.

Часто возникновение облаков является результатом одновременного действия нескольких процессов. Многие формы облаков образуются также в результате перехода первоначально образовавшихся форм в другие в процессе дальнейшего их развития или распада.

Многообразие процессов, связанных с облакообразованием, обуславливает существование большого количества их форм и,

следовательно, необходимость их классификации. При метеорологических наблюдениях принята *морфологическая* (по внешнему виду) *международная классификация облаков*, охватывающая 10 их основных форм, которые, в свою очередь, подразделяются на виды и разновидности. Их подробное описание дается в Атласе облаков.

С учетом высоты расположения облаков их соотносят с *тремя ярусами* – верхним, средним и нижним, в отдельную категорию относят *облака вертикального развития* (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Основные формы облаков

Основные формы облаков	Латинское название	Международное обозначение
<i>Облака верхнего яруса</i>		
1. Перистые	<i>cirrus</i> (циррус)	<i>Ci</i>
2. Перисто-кучевые	<i>cirrocumulus</i> (цирокумулюс)	<i>Cc</i>
3. Перисто-слоистые	<i>cirrostratus</i> (цирростратус)	<i>Cs</i>
<i>Облака среднего яруса</i>		
4. Высоко-кучевые	<i>altocumulus</i> (альтокумулюс)	<i>Ac</i>
5. Высоко-слоистые	<i>altostratus</i> (альтостратус)	<i>As</i>
<i>Облака нижнего яруса</i>		
6. Слоисто-дождевые	<i>nimbostratus</i> (нимбостратус)	<i>Ns</i>
7. Слоисто-кучевые	<i>stratocumulus</i> (стратокумулюс)	<i>Sc</i>
8. Слоистые	<i>stratus</i> (стратус)	<i>St</i>
<i>Облака вертикального развития</i>		
9. Кучевые	<i>cumulus</i> (кумулюс)	<i>Cu</i>
10. Кучево-дождевые	<i>cumulonimbus</i> (кумулонимбус)	<i>Cb</i>

Перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые облака располагаются в верхнем ярусе тропосферы – в умеренных широтах на высоте от 5 до 13 км. Высоко-кучевые – в среднем ярусе (в умеренных широтах от 2 до 7 км). Высоко-слоистые облака обычно наблюдаются в среднем ярусе, но могут проникать и в верхний. Слоисто-дождевые облака почти всегда наблюдаются в нижнем ярусе, но могут распространяться и в другие. Слоисто-кучевые и слоистые облака возникают в нижнем ярусе – от земной поверхности до 2 км. У кучевых и кучево-дождевых облаков основания располагаются обычно в нижнем ярусе, но вертикальное развитие их таково, что их вершины могут проникать в средний и даже в верхний ярусы.

Верхний ярус

1. *Перистые* облака – *Cirrus (Ci)* – белые, тонкие, волокнистые без теней, имеющие вид нитей, пучков, перьев, иногда загибающихся в виде когтей. Они часто располагаются в виде полос, идущих через все небо и сходящихся у горизонта. Возникают они в самой верхней части тропосферы, в умеренных широтах на высоте от 7 до 13 км, а в тропиках – до 18 км и состоят из ледяных кристаллов.

Наиболее часто встречающимися видами перистых облаков являются *перистые нитевидные* – *cirrus fibratus (Ci fib.)*, *cirrus filosus (Ci fil.)*. Нити могут располагаться более или менее параллельно (над поверхностью фронта) или причудливо перепутанными клубками.

Часто встречаются также плотные перистые облака – *Cirrus spissatus (Ci sp.)*, имеющие многочисленные белые уплотнения неправильной формы. Нитевидное строение у них выражено менее резко, чем у перистых нитевидных. Плотные перистые облака часто являются остатками вершин распадающихся кучево-дождевых облаков.

2. *Перисто-кучевые* облака – *cirrocumulus (Cc)* – представляют собой мелкие полупрозрачные хлопья или барашки, образующие слои или параллельные гряды, располагающиеся выше 5–6 км. Эти облака малоустойчивы и довольно быстро появляются, видоизменяются и исчезают. Вне связи с перистыми или перисто-слоистыми они наблюдаются редко. Образуются пери-

сто-кучевые облака при возникновении волновых и конвективных движений в верхней тропосфере и состоят из ледяных кристаллов.

3. *Перисто-слоистые* облака – *cirrostratus (Cs)* – тонкая беловатая пелена, которая не размывает контуров солнечного или лунного диска. Эти облака также кристаллические. При наличии перисто-слоистых облаков вокруг солнца или луны образуются так называемые *гало* – большие светлые круги. Это оптическое явление возникает в результате преломления солнечных лучей в кристаллах облаков. Перисто-слоистые облака почти всегда наблюдаются одновременно с перистыми или после них на тех же или несколько меньших высотах. Появление перисто-слоистых облаков служит признаком ухудшения погоды. Довольно часто они видны и по окончании пасмурной и дождливой погоды. Эти облака образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней тропосфере, в зонах атмосферных фронтов. Они особенно характерны для фронта окклюзии по типу теплого.

Средний ярус

4. *Высоко-кучевые* облака – *Alto cumulus (Ac)* – обычно образуют полосы, гряды или слои облаков большей частью белого или серого цвета, иногда в форме крупных барашков. Их высота в умеренных широтах 2–6 км. Если между облаками остаются просветы голубого неба, эту разновидность называют *высоко-кучевые просвечивающие* облака – *altocumulus translucidus (Ac trans.)*. Иногда высоко-кучевые облака уплотняются и смыкаются в сплошной покров с волнистой структурой, сквозь который солнце не просвечивает. Эта разновидность называется *высоко-кучевые непросвечивающие (плотные)* облака – *altocumulus opacus (Ac op.)*. Имеется еще много видов и разновидностей этих облаков. Высоко-кучевые облака состоят преимущественно из мелких переохлажденных капель. В отсутствии других форм облаков высоко-кучевые облака не свидетельствуют об ухудшении погоды и осадков не дают. Однако они часто бывают спутниками других более мощных облаков.

Образование высоко-кучевых облаков обусловлено в основном волновыми движениями под инверсиями, в частности, пе-

ред холодными фронтами и фронтами окклюзии, волновыми движениями на слабо наклонных фронтальных поверхностях и над горными препятствиями, а также конвекцией в слоях выше 2 км.

5. *Высоко-слоистые* облака – *Altostratus (As)* – образуют чаще всего сплошной ровный или волнистый, серый или синеватый покров, значительно более плотный и низкий, чем покров перисто-слоистых облаков. Явления *гаю* в них не наблюдаются. Солнце и Луна сквозь такой покров видны как через матовое стекло и теней не дают. Такие облака называют *высоко-слоистыми просвечивающими* – *Altostratus translucidus (As trans.)*. Более плотные облака, непрозрачные для лучей солнца, называются *высоко-слоистыми непросвечивающими (плотными)* – *Altostratus opacus (As op.)*. Образуются они в слоях от 2 до 7 км; толщина их может достигать 2–3 км и более. Эти облака состоят из мелких снежинок и переохлажденных капелек.

Осадки из высоко-слоистых облаков выпадают, но летом они обычно не доходят до земной поверхности, испаряясь в подоблачном слое воздуха. Зимой даже тонкие, высоко-слоистые облака дают снег. В системе облаков теплого фронта высоко-слоистые облака надвигаются после перисто-слоистых и, уплотняясь, переходят в слоисто-дождевые. В облачной системе холодного фронта они приходят после слоисто-дождевых и, постепенно утончаясь, сменяются перисто-слоистыми.

Нижний ярус

6. *Слоисто-дождевые* облака – *Nimbostratus (Ns)* – при наблюдении снизу представляют собой бесформенный сплошной облачный покров, из которого выпадают обложные осадки (дождь или снег). Солнце и Луна сквозь них не просвечивают. Они состоят из капель и ледяных кристаллов. При отрицательной температуре капли находятся в переохлажденном состоянии. Слоисто-дождевые облака образуются в результате охлаждения воздуха при восходящем движении над поверхностью фронта.

Одни слоисто-дождевые облака наблюдаются редко, чаще под их слоем образуются *слоистые разорванные* облака *Stratus fractus (St fr.)*, частично или полностью скрывающие основной слой слоисто-дождевых, основание которых обычно находится в пределах нижнего километра.

7. Слоисто-кучевые облака – *Stratocumulus (Sc)* – образуют крупные и довольно низко расположенные волны, гряды или глыбы синеватого или серого цвета, располагающиеся обычно правильными рядами. Иногда между ними бывают просветы голубого неба – это *просвечивающие слоисто-кучевые облака *Stratocumulus translucidus (Sc trans.)**. В других случаях они образуют сплошной темно-серый покров, состоящий из валов или крупных глыб и называются *плотные слоисто-кучевые облака – *Stratocumulus opacus (Sc op.)**.

Слоисто-кучевые облака состоят преимущественно из мелких капелек воды, зимой переохлажденных. Просвечивающие слоисто-кучевые облака осадков никогда не дают и не являются признаком ухудшения погоды. Наоборот, они часто образуются при хорошей устойчивой и тихой погоде; в этих случаях их образование свидетельствует только о большой влажности воздуха. Плотные высоко-кучевые облака очень часто наблюдаются в ненастную погоду, когда они сопровождают более мощные облака (слоисто-дождевые или кучево-дождевые), дающие осадки.

Слоисто-кучевые облака образуются в результате возникновения волновых движений в слоях инверсий, расположенных ниже 2 км, растекания кучевых облаков в слое под инверсиями ниже 2 км, а также вечером в связи с ослаблением конвекции из распадающихся кучевых облаков. Слоисто-кучевые облака, возникшие в результате растекания кучевых, называются *слоисто-кучевые, образовавшиеся из кучевых, – *Stratocumulus cumulogenitus (Sc cig.)**.

8. Слоистые облака – *Stratus (St)* – представляют собой однородный слой серого цвета, сходный с туманом, приподнятым над поверхностью земли. Обычно они закрывают все небо. Основание этих облаков располагается на высотах порядка нескольких десятков или сотен метров; иногда они сливаются с наземным туманом. Толщина их невелика – десятки и сотни метров.

Слоистые облака состоят из мельчайших капелек воды, при отрицательной температуре – переохлажденных. В них могут находиться и мелкие ледяные кристаллы. Из этих облаков может выпадать морось, а зимой – снежные зерна и ледяные иглы.

К виду слоистых облаков относятся *слоистые разорванные – *Stratus fractus (St fr.)**. В качестве разновидности слоистых разорванных облаков выделяют так называемые *разорванно-дожде-*

вые – *Fractonimbus (Frnb.)*. Это низкие, темно-серые, разорванные облака плохой погоды. Они образуются вследствие турбулентных движений под слоем облаков, дающих осадки, – высоко-слоистых, слоисто-дождевых, кучево-дождевых, и встречаются лишь в сочетании с этими облаками. Сами они осадков не дают, а только пронизываются осадками, выпадающими из вышележащих облаков.

Слоистые облака образуются преимущественно в нижних слоях однородных воздушных масс. Основные процессы, приводящие к их образованию: охлаждение относительно теплого воздуха при движении над холодной подстилающей поверхностью; радиационное выхолаживание в ночное время суток; перенос водяного пара турбулентными движениями вверх в подынверсионный слой.

Облака вертикального развития

9. *Кучевые* облака – *Cumulus (Cu)* – представляют собой плотные, отдельно расположенные, развитые по вертикали облачные массы с белыми куполообразными вершинами и с плоскими сероватыми и синеватыми основаниями. При сильном порывистом ветре края кучевых облаков могут быть разорванными. Высота основания над поверхностью земли 1–2 км. Эти облака состоят из капель воды, которые при отрицательной температуре находятся в переохлажденном состоянии. В умеренных широтах осадки из кучевых облаков обычно не выпадают; в тропиках из них могут выпадать слабые осадки.

При слабой конвекции или при наличии инверсии на невысоком уровне образуются кучевые облака, мало развитые по вертикали. Это *плоские кучевые* облака – *Cumulus humilis (Cu hum.)* – высота которых меньше горизонтальных размеров. Они служат признаком хорошей устойчивой погоды и появляются обычно днем; вечером растекаются, превращаясь в слоисто-кучевые, а к ночи исчезают совсем.

Одним из видов кучевых облаков являются *кучевые разорванные* облака – *Cumulus fractus (Cu fr.)*. Это белые клочковатые, разорванного вида облака. Плоские основания у них выражены нечетко или вообще отсутствуют. Эти облака предшествуют появлению плоских кучевых или являются продуктами их распада.

Интенсивное развитие конвекции приводит к возникновению кучевых облаков, сильно развитых по вертикали. Вершины этих облаков белые и сильно клубятся. Это *мощные кучевые* облака – *Cumulus congestus* (*Cu cong.*). При особенно сильном развитии конвекции они не остаются изолированными массами, а сливаются в большие группы, при дальнейшем развитии превращаясь в кучево-дождевые облака.

10. *Кучево-дождевые* облака – *Cumulonimbus* (*Cb*) – мощные облачные образования, создающиеся в результате особенно сильного развития кучевых облаков, поднимающихся в виде гор или башен высотой в несколько километров. Верхние части таких облаков имеют волокнистую структуру и кристаллическое строение, подобно перистым облакам. Эти верхние части нередко проникают в самые высокие слои тропосферы; при наблюдении издали они часто напоминают форму наковален. В нижних частях эти облака состоят из капель воды, иногда в смеси с ледяными ядрами крупы, града или со снежинками.

Кучево-дождевые облака дают ливневые осадки (дождь, снег, крупу, град) и летом часто сопровождаются грозами. Прохождение их всегда вызывает резкие изменения погоды: темнеет, поднимается резкий шквалистый ветер, выпадают ливневые осадки.

Эти облака образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при мощном восходящем движении (конвективном или на фронтах).

Определение количества облаков

Определение количества облаков – степени покрытия неба облаками – производится визуально по десятибалльной шкале. Необходимо оценить, сколько десятых долей небесного свода занято облаками, считая просветы между облаками, как небо, свободное от облаков. Очень небольшие просветы, присущие таким формам, как *Ci*, *Cs* и некоторым видам *Ac* во внимание не принимаются. Балл «0» ставится при отсутствии облаков, а также в том случае, когда облаками покрыто менее 0,5 балла. Если облака закрывают 0,1 небосвода, количество облаков равно 1 баллу, 0,2 – 2 баллам и т. д., при полном покрытии неба облаками ставится 10 баллов. При наличии просветов в облачном покрове, составляющих 0,5 балла

или меньше, цифра 10 заключается в квадратную рамку и записывается 10.

При наблюдениях вначале оценивается общее количество облаков, а затем отдельно дается оценка количеству облаков нижнего яруса, включая облака вертикального развития. Запись проводится в виде дроби: в числителе указывается общая, а в знаменателе – нижняя облачность. Если количество облаков незначительно, но имеются отдельные облака, не составляющие 0,5 балла, то в графе «количество облаков» ставится 0/0, а в графе «форма» указывается соответствующий род и вид облаков и слово «следы» (сл.), например «0/0 *Ci* (сл.)».

В момент наблюдений отмечают также наличие и интенсивность солнечного и лунного сияния. Условные знаки для солнечного сияния следующие:

- ☉² – диск Солнца совершенно открыт, небо в радиусе 5° (ширина ладони наблюдателя при вытянутой руке) чисто от облаков, тени от предметов отчетливы;
- ☉¹ – пятиградусная зона вокруг солнечного диска или сам солнечный диск закрыты облаками или дымкой, но тени от предметов еще заметны;
- ☉⁰ – диск Солнца еще слабо просвечивает сквозь облака, туман или мглу, но теней нет;
- П – пасмурно, диск Солнца не виден, теней нет.

Лунное сияние для всех фаз, кроме полнолуния, обозначается ☾ для полнолуния – ○:

- ☾², ○² – луна совершенно открыта;
- ☾¹, ○¹ – луна просвечивает сквозь тонкие облака или дымку;
- ☾⁰, ○⁰ – луна слабо просвечивает сквозь облака, туман или дымку.

Определение и запись форм облаков

Формы облаков определяются по Атласу облаков и обозначаются названиями по принятой классификации. При заполнении графы «форма облаков» сначала указываются облака, занимающие большую часть неба; затем переходят к следующим, в порядке убывания их видимого количества. Форма облаков отмечается в том случае, когда они по количеству составляют не менее 0,5 балла. Разрешается не определять формы облаков, находящихся ниже

5–6° над горизонтом, при этом облака с резко выраженными очертаниями (кучевые, кучево-дождевые, а иногда перистые) обязательно отмечаются. При отсутствии облаков нижнего яруса в строке для записи форм облаков среднего яруса указывается количество этих облаков.

Определение высоты облаков

Под высотой облаков подразумевается высота их нижней границы над подстилающей поверхностью. Определение высоты нижней границы производится для облаков нижнего и среднего ярусов, если они расположены не выше 2500 м над уровнем станции.

Для определения высоты нижней границы облаков применяется импульсный измеритель высоты облаков (ИВО). При отсутствии ИВО используется шар-пилот, а в темное время – потолочный прожектор. Если инструментальным методом определить высоту облака невозможно (нет облаков в зените или количество облаков недостаточно для использования шаропилотного метода), тогда высота нижней границы оценивается визуально.

ЗАДАНИЕ 7.1. Знакомство с классификацией облаков и производством наблюдений над облачностью

Принадлежность – Атлас облаков.

Порядок выполнения задания

1. По Атласу облаков и приведенному в данной главе описанию ознакомиться с основными формами и видами облаков.

2. Выписать и запомнить 10 основных форм облаков, а также их виды и разновидности, указанные в описании.

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

4. Перечислить характерные формы облаков, образующиеся внутри воздушных масс.

5. Указать формы облаков, возникающие на теплом и холодном фронтах.

6. Определить и записать количество и формы облаков.

Контрольные вопросы

1. Какие атмосферные процессы приводят к образованию облаков?
2. При каких облаках наблюдается *гало*?
3. Какие облака являются признаком ухудшения погоды?
4. Какие облака являются признаком установления хорошей погоды?
5. В чем заключается различие между мощными кучевыми и кучево-дождевыми облаками?
6. Как образуются разорванно-дождевые облака и способны ли они давать осадки?

VIII. ОСАДКИ И ДРУГИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Атмосферные осадки разделяются на две группы: осадки, выпадающие из облаков, — снег, дождь, град, крупа, морось и др.; осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах в результате конденсации или сублимации водяного пара из воздуха, — роса, иней, изморозь, гололед.

На метеорологических станциях измеряют количество выпавших осадков первой группы и регистрируют начало, конец и интенсивность всех видов осадков (первой и второй групп), отмечая их в наблюдательской книжке особыми значками (см. далее таблицу условных обозначений атмосферных явлений).

Измерение осадков, выпадающих из облаков

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

Приборы для измерения осадков называются *осадкомерами* (дождемерами). По конструкции осадкомеры очень просты: приемным сосудом служит цилиндрическое ведро с определенной площадью поперечного сечения, устанавливаемое на столбе так, чтобы верхний край его находился на высоте 2 м от поверхности земли. Необходимой частью осадкомера является конусообразная защита, служащая для уменьшения завихрений, образующихся в воздушном потоке у приемного ведра и препятствующих попаданию туда осадков (особенно твердых). Защита уменьшает также и выдувание снега из осадкомера. Применялись два вида защит: сплошная (защита Нифера) и планочная (защита Третьякова). Планочная защита способствует раздроблению и большему ослаблению воздушного потока около приемной части осадкомерного ведра, что приводит к увеличению собираемых осадков. На сети метеорологических станций установлены дождемеры с планочной защитой (осадкомеры Третьякова). В труднодоступных местнос-

тях устанавливают суммарные осадкомеры, накапливающие осадки за длительный промежуток времени (сезон, год).

При агрометеорологических и микроклиматических исследованиях может применяться и полевой дождемер системы Ф. Ф. Давитая.

Для регистрации количества и продолжительности выпадения жидких осадков на некоторых метеорологических станциях кроме осадкомеров устанавливают также самопишущие дождемеры — плювиографы.

Осадкомер Третьякова

Осадкомер Третьякова, снабженный планочной защитой, в настоящее время является основным прибором для измерения осадков на метеорологических станциях (рис. 8.1). В комплект осадко-

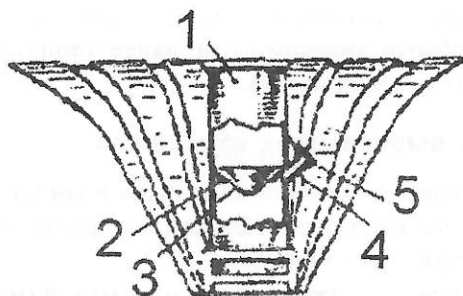


Рис. 8.1. Схема осадкомера Третьякова: 1 — осадкомерное ведро, 2 — диафрагма, 3 — воронка, 4 — отверстие в ведре для слива осадков, 5 — колпачок

ков из ведра под диафрагмой имеется отверстие с носиком 4 и колпачком 5. Ведро устанавливается в таган, прочно прикрепленный к столбу. При смене ведер в срочные часы наблюдений ведро закрывают крышкой.

Защита осадкомера Третьякова состоит из 16 изогнутых трапециевидных планок, скрепленных верхними и нижними основаниями на специальных кольцах (рис. 8.2). Однако применение защиты не полностью исключает влияние ветра, искажающего действительное количество осадков (особенно твердых) при попадании их в осадкомерное ведро. Поэтому, если площадка метеорологической

мера входят планочная защита, таган для установки ведра на столбах, два приемных ведра, одна крышка к ним, измерительный стакан. Приемная площадь ведра равна 200 см^2 , его высота 40 см.

Для предотвращения выдувания и испарения осадков в нижней половине ведра 1 впаяна конусовидная диафрагма 2, отверстие которой в летнее время закрывается воронкой 3. Для слива осад-

станции расположена на открытом месте, при установке осадкомера стремятся выбрать участок, где скорость ветра уменьшена. Но при этом осадкомер должен быть удален от окружающих предметов настолько, чтобы он не был заслонен при косом выпадении дождя, и в него не попадал бы снег с высоких предметов (деревьев, крыш и др.).

Количество выпавших осадков измеряют четыре раза в сутки: в 6, 9, 18 и 21 ч. При измерении ведро закрывают крышкой, снятой с принесенного второго ведра, вынимают его из тагана и ставят второе ведро в таган. Ведро с осадками

уносят в помещение станции, где скопившуюся в ведре воду через сливное отверстие (носик) выливают в измерительный стакан. Если осадки выпали в твердом виде, их измеряют лишь после того, как они растаяли. Ведро с твердыми осадками не следует ставить около теплых предметов (плиты, радиатора отопления) во избежание испарения.

Измерительный стакан осадкомера имеет 100 делений (рис. 8.3). Цена одного деления равна 2 см³. При приемной площади ведра в 200 см² такая величина соответствует 0,1 мм высоты слоя осадков в ведре. Если количество осадков превышает емкость измерительного стакана, их измеряют в два или несколько приемов. Число делений записывают после каждого измерения. По окончании всех измерений вычисляется и записывается общая сумма осадков в делениях стакана, которая затем переводится в миллиметры.

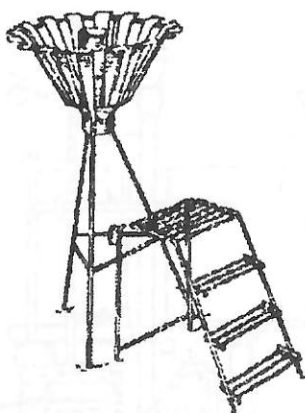


Рис. 8.2. Установка осадкомера

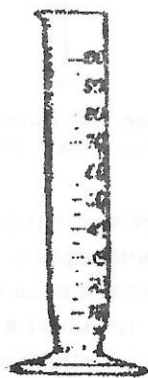


Рис. 8.3. Измерительный стакан осадкомера

Плювиографы

Плювиограф служит для непрерывной регистрации количества, продолжительности и интенсивности выпадающих жидких осадков. Он состоит из приемника и регистрирующей части, заключенной в металлический шкаф высотой 1,3 м (рис. 8.4). Приемный сосуд

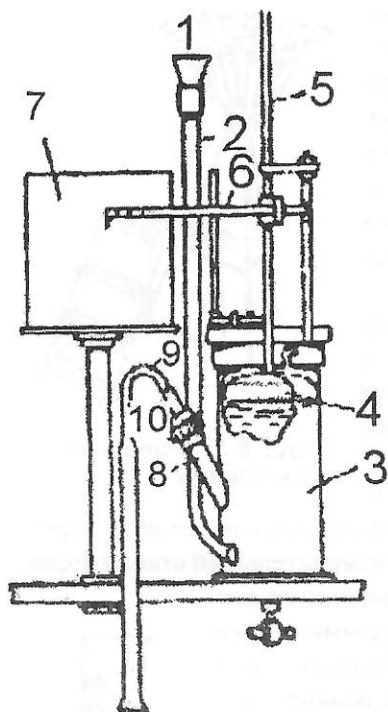


Рис. 8.4. Внутреннее устройство pluвиографа

сечением 500 см^2 , находящийся в верхней части шкафа, имеет конусообразное дно с несколькими отверстиями для стока воды. Осадки через воронку 1 и сливную трубку 2 попадают в цилиндрическую камеру 3, в которой помещен полый металлический поплавок 4. На верхней части вертикального стержня 5, соединенного с поплавком, укреплена стрелка 6 с насаженным на ее конце пером. Для регистрации осадков рядом с поплавковой камерой на стержне устанавливается барабан 7 с суточным оборотом. На барабан надевается лента, разграфленная таким образом, что промежутки между вертикальными линиями соответствуют 10 мин времени, а между горизонтальными – 0,1 мм осадков. Сбоку поплавковой камеры имеется отверстие с трубкой 8, в которую вставляется

стеклянный сифон 9 с металлическим наконечником, плотно соединенным с трубкой специальной муфтой 10. При выпадении осадков вода через сливные отверстия, воронку и сливную трубку попадает в поплавковую камеру и поднимает поплавок. Вместе с поплавком поднимается и стержень со стрелкой. При этом перо чертит на ленте кривую (так как одновременно происходит вращение барабана), крутизна которой тем больше, чем больше интенсивность осадков. Когда сумма осадков достигнет 10 мм, уровень воды в сифонной трубке и поплавковой камере становится одинаковым, и происходит самопроизвольный слив воды из камеры через сифон в ведро, стоящее на дне шкафа. При этом перо чертит на ленте вертикальную прямую линию сверху вниз до нулевой отметки ленты. При отсутствии осадков перо чертит горизонтальную линию.

По плювиограмме (графику на ленте) можно установить время начала и конца, а также продолжительность осадков, их интенсивность (количество в единицу времени, мм/мин).

Плювиограф устанавливается на одной площадке с осадкомером на подставке с таким расчетом, чтобы верхний край прибора находился на высоте 2 м от поверхности земли. Для придания плювиографу устойчивости его крепят тремя металлическими растяжками. Осенью с прекращением выпадения жидких осадков из плювиографа вынимают барабан и поплавковую камеру, а приемную часть закрывают крышкой.

Осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах

Роса представляет собой мелкие капельки воды, появляющиеся на почве, траве и горизонтальных предметах в ночное время суток при положительной температуре.

Образование росы обусловлено конденсацией водяного пара из воздуха в результате радиационного излучения и охлаждения земной поверхности. Чаще всего она наблюдается при безоблачном небе, когда излучение усиливается, и при слабом ветре или штиле.

Для непрерывной регистрации выпадающей росы может применяться специальный прибор – *росограф*. Принцип его действия основан на взвешивании образовавшейся на приемной пластине росы и непрерывной регистрации изменения веса пластины. Основной измерительной частью прибора являются квадрантные весы. Коромысло весов на одном конце имеет приемник росы, представляющий собой конусообразную тарелочку из винипласта, а на другой – уравновешенный груз. Для улавливания росы, выпавшей на нижнюю поверхность приемника, имеется второй малый приемник, находящийся под первым. Количество выпавшей росы определяется по отклонению коромысла, с которым соединена стрелка с пером. Запись осуществляется на ленте барабана, вращающегося суточным часовым механизмом.

Иней – это твердый мелкокристаллический осадок, образующийся, как и роса, на горизонтальных поверхностях в результате их радиационного выхолаживания, но при отрицательной температуре.

Изморозь – белый, рыхлый осадок кристаллического или зернистого строения, наблюдающийся на ветвях деревьев, проводах и других предметах в морозную погоду при слабых ветрах. Условиями, благоприятствующими образованию кристаллической изморози, является наличие ледяного тумана или игл, парящих в воздухе, когда относительная влажность близка к 100%. В этом случае кристаллы, уже осевшие на предметах, являются ядрами сублимации, вокруг которых происходит быстрое нарастание пушистой бахромы из ледяных кристаллов, легко осыпающихся при прикосновении к ним. Кристаллическая изморозь наблюдается чаще всего при температуре воздуха ниже -15°C .

Зернистая изморозь образуется вследствие намерзания на предметах переохлажденных капель тумана. Ее нарастанию способствуют большие скорости ветра, густой туман и небольшой мороз (чаще всего от -2 до -7°C).

Гололед – слой матового или прозрачного льда, нарастающего на поверхности земли и различных предметах вследствие замерзания капель переохлажденного дождя или мороси. Обычно гололед бывает при слабых морозах (от 0 до -5°C). Иногда образование гололеда наблюдается и при положительной температуре воздуха, когда происходит резкая смена воздушных масс. На поверхности охлажденных предметов, имеющих отрицательную температуру, выпадают дождь или роса, которые тотчас же замерзают.

Условные знаки атмосферных явлений

Атмосферные явления, наблюдаемые в нижней части тропосферы и у земной поверхности, оцениваются на метеорологических станциях визуально, при этом регистрируют начало и конец явления, а также его интенсивность.

В наблюдательской книжке осадки и другие атмосферные явления записывают условными обозначениями (табл. 8.1).

Интенсивность атмосферных явлений определяют визуально и обозначают следующим образом. При явлениях слабой силы ставится показатель 0 , при явлениях большой интенсивности - показатель $-^2$. Отсутствие показателя около знака атмосферного явления соответствует средней интенсивности.

Таблица 8.1

Условные обозначения атмосферных явлений

ОСАДКИ			
•	обложной дождь	☉	обложной мокрый снег
◊	ливневой дождь	☉	ливневой мокрый снег
☉	морось	☉	снежная крупа
*	обложной снег	△	снежные зерна
☉	ливневой снег	△	ледяная крупа
△	ледяной дождь	~	гололед
▲	град	∇	зернистая изморозь
◐	роса	∇	кристаллическая изморозь
┌	иней		
ТУМАНЫ			
≡	туман	≡	дымка
≡	просвечивающий туман	≡	ледяной туман
≡	поземный туман		
МЕТЕЛИ			
↕	общая метель (вьюга)	↕	низовая метель
*↕	метель с выпадением снега	↕	поземок

Продолжение таблицы 8.1

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ			
	близкая гроза		зарница
[]	отдаленная гроза		полярное сияние
ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ			
	радуга		венец вокруг Луны
	круг вокруг Солнца (гало)		столбы около Солнца
	круг вокруг Луны (гало)		мираж
	венец вокруг Солнца		
ДРУГИЕ ЯВЛЕНИЯ			
	шквал		мгла
	вихрь		снежный покров
	смерч		ледяные иглы
	пыльная буря		гололедица

Например: \bullet^0 – слабый дождь, \bullet – дождь средней силы, \bullet^2 – сильный дождь.

Примеры записи в наблюдательской книжке:

∇ 9.07 – 9.55; \bullet^0 9.50 – 10.54; * 10.55 – 11.15.

ЗАДАНИЕ 8.1. Измерение количества осадков по осадкомеру Третьякова

Принадлежности: осадкомер Третьякова, ведро осадкомера, измерительный стакан к осадкомеру.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством ведра осадкомера.
2. Ознакомиться с установкой осадкомера на метеорологической площадке. Вычертить схему установки.
3. Измерить количество выпавших твердых осадков. Для этого ведро со снегом, плотно закрытое крышкой, внести в помещение и дождаться, пока снег растает. Растаявшие осадки вылить в измерительный стакан, отсчитать число делений и перевести деления стакана в мм слоя воды.
4. Результаты измерений записать по форме табл. 8.1.1.

Таблица 8.1.1

Определение количества осадков осадкомером Третьякова

Число делений измерительного стакана	Количество осадков

Контрольные вопросы

1. Что входит в комплект осадкомера?
2. Для чего служит защита осадкомера?
3. Как измерить количество выпавших осадков при отсутствии измерительного стакана?
4. Для чего нужна диафрагма в осадкомерном ведре?
5. Каковы основные различия в конструкции осадкомера Третьякова и дождемера со сплошной защитой?
6. Чем различаются условия образования росы, инея, изморози?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему осадкомера Третьякова, установленного на метеоплощадке,
- таблицу с данными измерений,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 8.2. Знакомство с устройством плювиографа

Принадлежности: разборный плювиограф, лента плювиографа с записью.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством и назначением отдельных частей плювиографа, их монтажом в корпусе прибора.
2. Вычертить в тетради схему плювиографа.
3. С кривой на ленте плювиографа снять величины продолжительности осадков, их суммы через 10-минутные интервалы, вычислить среднюю и максимальную интенсивность осадков в мм/мин.
4. Результаты записать по форме табл. 8.2.

Таблица 8.2

Результаты обработки ленты плювиографа

Показатели	Числовые значения
Время начала и окончания дождя, ч, мин	
Продолжительность дождя, мин	
Суммы осадков по 10-минутным интервалам, мм	
Общая сумма осадков, мм	
Средняя интенсивность осадков, мм/мин	
Максимальная интенсивность осадков, мм/мин	

Контрольные вопросы

1. В какое время года можно пользоваться плювиографом?
2. Как осуществляется автоматический слив осадков из поплавковой камеры?
3. Какие характеристики осадков можно получить, имея плювиограмму?
4. Почему плювиограф не имеет ветровой защиты?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему плювиографа.
- обработку ленты плювиографа по указанной форме,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

IX. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Основными величинами, характеризующими снежный покров, являются его высота и плотность. Располагая данными о высоте и плотности снега, можно вычислить запас воды в снежном покрове, сведения о котором представляют большой интерес для ряда хозяйственных отраслей.

Наблюдения за снежным покровом на метеорологических станциях состоят в определении наличия снежного покрова, степени покрытия им окрестностей станции, измерении его высоты и плотности. Кроме того, наблюдают за характером залегания снежного покрова и его структурой, наличием и толщиной ледяной корки и состоянием почвы под снегом.

Наличие снежного покрова, степень покрытия и характер залегания определяются ежедневно в утренний срок наблюдений путем осмотра видимой окрестности станции с одного и того же наиболее возвышенного места вблизи метеорологической площадки по десятибалльной шкале. При этом записывается число десятых долей поверхности, покрытой снегом. Так, если снегом покрыта вся видимая окрестность, то в книжке записывается 10, если снегом покрыто около 0,3 площади видимой окрестности, то записывается 3 и т. д. Если наблюдаются лишь небольшие пятна, покрывающие менее 0,1 поверхности, то ставится 0.

Характер залегания снежного покрова в окрестности станции определяется визуально по следующим признакам: равномерный (без сугробов), умеренно равномерный (небольшие сугробы), очень неравномерный (большие сугробы), снег лежит только местами.

Высота снежного покрова измеряется ежедневно в утренний срок наблюдений по трем постоянным снегомерным рейкам, установленным с осени на метеорологической площадке.

Кроме наблюдений в постоянных точках проводятся декадные снегомерные съемки по заранее намеченному маршруту длиной 1 или 2 км. Для этой цели осенью выбирают типичные для района

формы рельефа (овраги, балки, холмы и т. д.). При снегомерных съемках по маршруту высоту снежного покрова измеряют переносной снегомерной рейкой через каждые 10 или 20 м, плотность снега – весовым снегомером через 100 или 200 м.

Снегомерные рейки

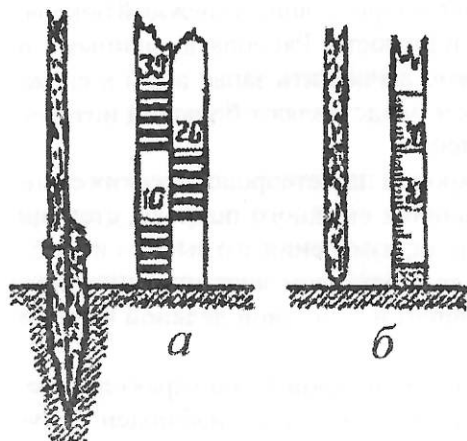


Рис. 9.1. Снегомерные рейки: а – постоянная; б – переносная

Постоянная снегомерная рейка представляет собой деревянный брусоч длиной около 2 м, шириной не менее 5 см, размеченный и раскрашенный на сантиметровые деления (рис. 9.1, а).

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

Переносная снегомерная рейка – это деревянный прямоугольный брусоч длиной 180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см, снабженный металлическим наконечником. На одной стороне бруска нанесены сантиметровые деления (рис. 9.1, б). Высоту снежного покрова при помощи переносной рейки определяют, погружая ее вертикально в снег. При этом следует быть уверенным, что рейка дошла до поверхности почвы.

Весовой снегомер

Определение плотности снежного покрова весовым снегомером состоит в измерении высоты снежного покрова и веса взятой пробы; затем по полученным данным вычисляется плотность.

Весовой снегомер (плотномер) (рис. 9.2) состоит из полого металлического цилиндра 1 высотой до 60 см, площадью сечения 50 см² и весов типа безмена. Нижний конец цилиндра заточен в виде пилы, на его верхнем конце имеется съемная крышка.

Весы снегомера состоят из металлической линейки 2, градуированной через 5 г, крючка 3, на который подвешивается цилиндр с пробой, и приспособления 4, с помощью которого весы с цилиндром удерживаются в подвешенном состоянии. Для уравнивания весов служит груз 5, который может скользить по линейке весов. Груз имеет вырез и метку для отсчета делений по шкале весов.

При установке подвижного груза на нулевое деление линейки пустой цилиндр, подвешенный на крючок, должен уравнивать весы.

За полчаса до наблюдений снегомер выносят из помещения, чтобы он принял температуру окружающего воздуха (иначе при работе снег будет прилипать к стенкам цилиндра). Далее собирают весы и проверяют их равновесие с подвешенным цилиндром с крышкой. Если при равновесии груза черта не совмещается с нулевым делением шкалы, ее новое положение принимают за нулевое. Затем цилиндр погружают в снег заточенным краем до соприкосновения с поверхностью почвы и отсчитывают высоту снежного покрова по шкале, нанесенной на внешней стороне цилиндра. После этого лопаткой, входящей в комплект снегомера, очищают снег с одного бока снегомера, а затем аккуратно подсовывают лопатку под цилиндр таким образом, чтобы весь снег, заключенный в цилиндре, остался внутри него. Не отнимая лопатки, вынимают цилиндр и переворачивают его крышкой вниз.

Очистив цилиндр от прилипшего снаружи снега, подвешивают снегомер за дужку на крючке весов; затем, став спиной к ветру и держа весы за кольцо в руке, уравнивают цилиндр со снегом

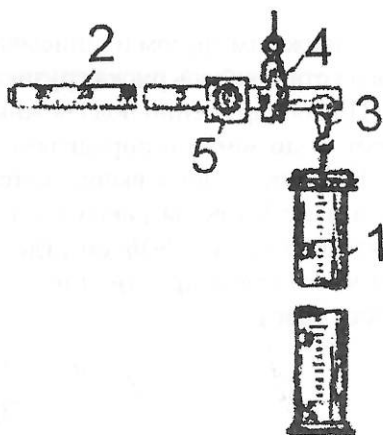


Рис. 9.2. Весовой снегомер: 1 – цилиндр, 2 – линейка, 3 – крючок, 4 – крепление для подвешивания весов, 5 – груз

передвижным грузом и записывают деление линейки, против которого установилась риска грузика.

При обнаружении под снежным покровом ледяной корки пробивают ее до земли и определяют толщину в мм.

Плотность снега вычисляется следующим образом. Пусть высота взятой пробы равна h см, а число делений весов n . Объем взятого снега $v = 50h$ см³, где 50 см² – площадь сечения цилиндра; масса снега $m = 5n$, где 5 г – цена деления весов. Тогда плотность снега

$$d = \frac{m}{v} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \text{ г/см}^3. \quad (9.1)$$

При определении плотности снега делают три измерения на одном месте, и плотность вычисляют как среднее из них.

Когда высота снежного покрова больше 60 см, весь столб вырезают по частям в несколько приемов; при этом для вычисления плотности берут сумму всех h и всех n .

На основании данных, используемых для определения плотности снега, можно получить и высоту слоя воды, который образовался бы при полном таянии снежного покрова. Вес воды взятой пробы равен $5n$; в то же время $5n$ есть объем воды (так как плотность воды равна единице). Следовательно, если объем воды разделить на площадь и умножить на 10, можно получить высоту слоя воды h , мм:

$$h = \frac{5n10}{50} = n. \quad (9.2)$$

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

Для измерения запаса воды в снежном покрове может применяться специальный прибор, действие которого основано на ослаблении слоем снега интенсивности γ -лучей, излучаемых радиоактивным изотопом. Измеритель запаса воды в снеге состоит из металлической трубчатой снегомерной рейки, в нижнем конце которой помещается изотоп ^{60}Co , счетчика γ -квантов, портативного пересчетного устройства, включающего в себя счетчик γ -квантов, пересчетную схему, собранную на тиратронах с холодным катодом, и источники питания.

ЗАДАНИЕ 9.1. Измерение высоты и плотности снежного покрова

Принадлежности: весовой снегомер (комплект); постоянная снегомерная рейка, установленная на метеоплощадке; переносная снегомерная рейка.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством весового снегомера и подготовить его к наблюдениям (вынести из помещения, проверить равновесие с пустым цилиндром).

2. Определить высоту снежного покрова по постоянной снегомерной рейке, установленной на метеорологической площадке.

3. Выбрать участок ровного залегания снежного покрова и провести снегомером трехкратное измерение веса и высоты снежной пробы (методику наблюдений см. в описании прибора).

4. По полученным данным вычислить плотность снежного покрова ($d = \frac{n}{10h}$).

5. Результаты наблюдений и вычислений записать по форме (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Результаты снегомерной съемки

Высота снежного покрова по рейке, см	№ отсчетов по снегомеру	Высота снежного покрова по шкале снегомера, см	Число делений весов, n	Плотность снега d , г/см ³	Средняя величина плотности, г/см ³

Контрольные вопросы

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

2. Как вычисляют плотность снежного покрова по весовому снегомеру?

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

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему снегомера,
- таблицу с результатами измерений,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

Х. ВЕТЕР

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Обычно определяют направление ветра – сторону горизонта, откуда дует ветер, и его скорость в м/с. При наблюдениях на метеорологических станциях дается также качественная характеристика степени изменчивости ветра по направлению (постоянный или меняющийся) и скорости (ровный или порывистый).

В зависимости от задач исследований применяются различные приборы и методы наблюдений за ветром.

При определении скорости ветра в приземном слое воздуха в полевых условиях пользуются *анемометрами* разных типов: чашечными, контактными или индукционными. Чашечные и контактные анемометры применяются обычно при градиентных измерениях, необходимых для расчета турбулентных потоков тепла и влаги в нижнем слое атмосферы. Эти анемометры позволяют рассчитать среднюю скорость ветра за нужный интервал времени: от нескольких минут до 1–3 ч. Индукционными анемометрами определяют мгновенную (за 2–3 с) скорость ветра. Такие наблюдения необходимы, например, для введения новых поправок на ветер к показаниям балансомера.

Для получения характеристик ветра на метеорологических станциях применяют флюгер и дистанционные приборы – анеморумбометры и электромеханические самописцы ветра. Наблюдения за ветром включают:

- измерение средней скорости ветра за промежутки времени 2 или 10 мин (в зависимости от технических возможностей прибора, который используется при измерениях);
- определение максимального значения мгновенной скорости ветра в том же интервале времени (скорость ветра при порывах);
- определение среднего направления ветра за 2 мин.

При непрерывной регистрации скорости и направления ветра определяется среднее значение скорости ветра за 1 ч и направление ветра, соответствующее средней скорости за 1 ч.

На некоторых метеорологических станциях определяют направление и скорость воздушных течений в более высоких слоях атмосферы (до 30 км и более). При этом используется шар-пилот.

Ручной чашечный анемометр

Анемометры служат для измерения средней скорости ветра за определенный промежуток времени.

По конструкции приемной части различают два основных вида анемометров – чашечные (с полушариями) для измерения средней скорости ветра любого направления в пределах от 1 до 20 м/с и крыльчатые (с мельничкой) для измерения средней скорости направленного воздушного потока от 0,3 до 5 м/с. Крыльчатые анемометры применяются в основном в трубах и каналах вентиляционных систем.

Приемная часть ручного чашечного анемометра состоит из металлической крестовины, на концах которой укреплены четыре полых полушария, обращенных выпуклостями в одну сторону (рис. 10.1). Полушария защищены от механических повреждений специальной рамкой и насажены на ось. Ось в нижней части имеет червячную (винтовую) нарезку, которой она соединяется с рядом шестеренок передающего механизма, заключенного в пластмассовый или металлический корпус. Счетный механизм имеет три циферблата. На большом циферблате нанесены деления от 0 до 100, на другом – сотни делений и на третьем – тысячи.

В нижней части футляра сбоку имеется арретир, который отводит первую шестеренку передающего механизма в сторону от червячной нарезки оси или соединяет их. В первом случае вращение

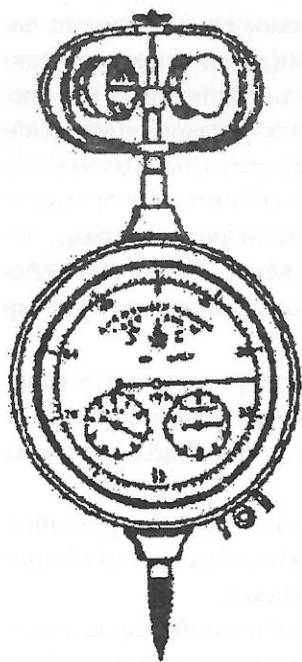


Рис. 10.1. Ручной анемометр

полушарий под влиянием ветра происходит вхолостую (счетчик отключен), во втором – оно передается на стрелки циферблатов (счетчик включен). По обе стороны арретира имеются два неподвижных кольца, которыми пользуются для включения счетчика шнурком в тех случаях, когда анемометр находится высоко и до арретира нельзя достать рукой. Шнурок привязывают к концу арретира серединой, а концы его продевают через неподвижные кольца. Снизу под корпусом имеется стержень с винтовой нарезкой для установки анемометра на деревянном шесте в вертикальном положении.

Наблюдения по анемометру проводятся следующим образом. Наблюдатель становится лицом к ветру и устанавливает анемометр на заданной высоте так, чтобы шкала была обращена в подветренную сторону, а плоскость циферблата располагалась бы перпендикулярно к направлению ветра, и записывает показания всех стрелок (начальный отсчет). При этом нужно быть внимательным, так как стрелки бывают насажены не совсем правильно, что может вызвать ошибку в отсчете на 100 или 1000. После этого включают счетчик анемометра, поставив арретир в верхнее положение, и одновременно пускают в ход секундомер на определенный промежуток времени (1, 2 и т. д. до 10 мин). По истечении срока выключают прибор и секундомер и записывают конечный отсчет.

Обработка наблюдений. Вычтя из конечного отсчета N_k начальный N_n и разделив разность на количество секунд t получают количество делений в секунду V , дел/с

$$V = \frac{N_k - N_n}{t}. \quad (10.1)$$

К каждому экземпляру анемометра прилагается сертификат в виде переводной таблицы или графика, по которым, зная число делений в секунду, определяют скорость ветра в м/с (табл. 10.1). Если V не равно целому числу, проводят десятичную интерполяцию.

Из сертификата находим, что 1 дел/с соответствует скорости 1,2 м/с, а 2 дел/с – 2,1 м/с. Следовательно, на разность 2 и 1 дел/с приходится разность скоростей 0,9 м/с, а на 0,1 дел/с – 0,09 м/с. Тогда 0,8 дел/с будет соответствовать разности скорости 0,72 м/с. Измеренная скорость ветра равна $1,2 + 0,7 = 1,9$ м/с.

Пример сертификата анемометра
Анемометр № 286

Выписка из сертификата		Данные наблюдений	
Число делений в секунду	Скорость, м/с		
1	1,2	Конечный отсчет, дел	3728
2	2,1	Начальный отсчет, дел	2630
3	3,0	Продолжительность наблюдений (экспозиция), с	600
		Результат обработки	
		Разность отсчетов, дел	1098
		Скорость ветра, м/с	1,9

Флюгер

Флюгер – самый распространенный прибор для наблюдений за направлением и скоростью ветра на метеорологических станциях (рис. 10.2). На вертикальный стальной стержень 1, заостренный сверху, надета металлическая трубка 2, закрытая сверху. Трубка опирается на острие стержня и свободно вращается вокруг него. На нижнюю часть трубки насажена флюгарка, состоящая из двух лопастей 3, расходящихся под углом 22° , и противовеса 4 в виде металлического шара, укрепленного на горизонтальном стержне. Под действием ветра флюгарка устанавливается так, что противовес указывает, откуда направлен воздушный поток. Для определения направления ветра в румбах на основном неподвижном вертикальном стержне 1 специальной муфтой 5 прикреплены 8 металлических прутьев, ориентированных по сторонам света. На одном из них, направленном на север, укрепля-

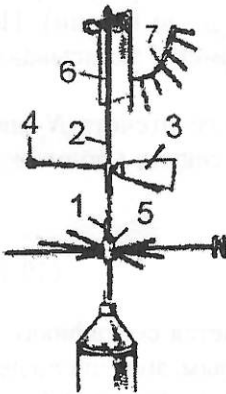


Рис. 10.2. Флюгер Вильда: 1 – стержень, 2 – трубка, 3 – лопасти, 4 – противовес, 5 – муфта, 6 – доска, 7 – дуга с 7-ю штифтами

ется буква N. На метеорологических станциях направление ветра определяют по 16 румбам, при этом оценивается положение флюгарки между смежными металлическими прутьями.

Для измерения скорости ветра на верхней части вращающейся трубки укреплена рама со свободно подвешенной доской б – указателем скорости ветра. Она представляет собой прямоугольную металлическую пластинку размером 15х30 см и весом 200 г (легкая доска) или 800 г (тяжелая доска).

Флюгарка, располагаясь по ветру, всегда ставит доску-указатель перпендикулярно воздушному потоку. Под действием давления ветра доска отклоняется от вертикального положения. Для количественной оценки величины отклонения доски служит дуга 7 с 8-ю штифтами (с нумерацией от 0 до 7), каждому из которых соответствует определенная скорость ветра (табл. 10.2). Легкой доской можно измерять скорости ветра до 20 м/с, тяжелой – до 30 м/с.

Таблица 10.2

Определение скорости ветра (м/с) по отклонению доски флюгера

Доска	Положение доски у штифта														
	0	0-1	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	6	6-7	7
Легкая	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17	20
Тяжелая	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	34	40

Флюгер устанавливается строго вертикально на деревянном столбе или металлической мачте высотой 10–12 м от поверхности земли. От высоких предметов (зданий, деревьев) флюгер должен быть отнесен на расстояние, равное 10-кратной высоте этих предметов.

Для *определения направления* ветра по флюгеру нужно подойти к основанию столба, на котором он установлен, стать под указателем направления и, наблюдая за колебаниями флюгарки в течение 2 мин, определить ее среднее положение к указателям сторон горизонта.

Для *определения скорости ветра* наблюдатель должен отойти от столба и стать перпендикулярно направлению ветра таким образом, чтобы луч зрения совпадал с плоскостью отклоняющейся доски-указателя скорости. Наблюдая за качанием доски в те-

чение 2 мин, нужно определить ее среднее положение по отношению к штифтам.

В наблюдательской книжке необходимо записать направление ветра и номер штифта, около которого (или между которыми) наблюдалось среднее положение доски (табл. 10.3). Рядом в скобках записывается скорость ветра в м/с, полученная по табл. 10.2.

Таблица 10.3

Пример записи результатов наблюдений по флюгеру

ФЛЮГЕР	ССЗ 1–2л (3 м/с)
	ВЮВ 3–4т (14 м/с)

В первом случае наблюдения проводились по флюгеру с легкой доской, во втором – с тяжелой.

Характеристика ветра по направлению и скорости определяется визуально.

Направление ветра считают *постоянным* в том случае, если за время наблюдений противовес колеблется в пределах одного румба; в противном случае ветер характеризуют как *меняющийся*.

По скорости ветер называют *ровным*, если доска колеблется в течение 2 мин около одного штифта или между двумя соседними штифтами. Если диапазон колебаний доски охватывает больше двух штифтов, ветер называют *порывистым*, при этом скорость резко меняется, возрастая до некоторого максимума, и затем уменьшается.

Анеморумбометры и самописцы ветра

Принцип действия анеморумбометра основан на преобразовании измеряемых характеристик скорости и направления в электрические величины, которые передаются по соединительному кабелю в соответствующие узлы измерительного пульта. Прибор состоит из датчиков скорости и направления ветра, измерительного пульта и блока питания (рис. 10.3). В датчике сосредоточены чувствительные элементы и первичные преобразователи скорости и направления. В качестве чувствительного элемента используется

четырехлопастной воздушный винт с горизонтальной осью вращения. Чувствительным элементом для направления ветра является флюгарка, выполненная в виде объемного обтекаемого корпуса прибора, на котором установлен воздушный винт.

Измерение средней скорости ветра основано на определении числа оборотов винта, вращаемого воздушным потоком, за 10 мин. Число оборотов винта, сниженное механическим редуктором до долей полного оборота (170° при скорости ветра 40 м/с), может быть отсчитано по шкале указателя, градуированного в м/с. Определение мгновенной скорости основано на измерении напряжения электрического тока, который индуцируется в генераторе; вращение винта датчика передается ротору генератора так, что скорость ротора в каждый момент времени равна скорости вращения винта. Измерение направления ветра основано на дистанционной передаче положения флюгарки специальным устройством (сельсинами). Ротор одного из сельсинов соединен с осью флюгарки, второй является указателем в измерительном пульте прибора.

Принцип действия *анеморумбографа* аналогичен принципу действия анеморумбометра и отличается только тем, что измеренные значения скорости и направления ветра записываются на ленте регистратора с суточным оборотом барабана.

Действие другого самописца ветра, применяемого на метеорологических станциях, основано на суммировании числа оборотов четырехчашечной вертушки за 10-минутный интервал времени электромеханическим тахометром средней скорости и определении положения флюгарки с использованием ориентированных контактов и последующей регистрацией полученных данных на бумажной ленте.

Блоки датчиков анеморумбометров и самописцев ветра устанавливаются на метеорологической площадке на мачте высотой

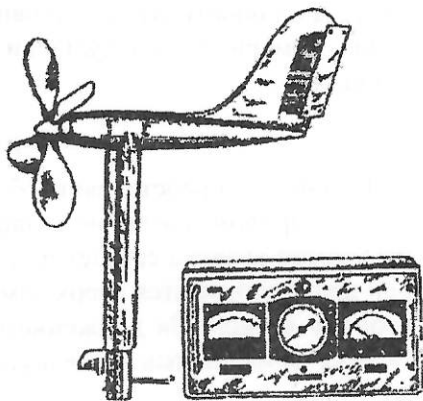


Рис. 10.3 Анеморумбометр

10–12 м и ориентируются по направлению географического меридиана. Измерительные пульты и регистраторы помещают в здании станции.

Шар-пилот

Шар-пилот представляет собой резиновую оболочку, наполненную водородом. Различие в плотностях водорода внутри шара и наружного воздуха создает подъемную силу, под действием которой шар поднимается вверх. Вместе с тем, происходит снос его в сторону ветром. За движением шара наблюдают с теодолитов, засекая через равные промежутки времени угловую высоту и азимут шара.

В облачную погоду обычные шаро-пилотные наблюдения проводятся только до момента входа шара в облако. Продолжение наблюдений в этих условиях возможно при применении радиотеодолитов (радиолокаторов определенной конструкции). В этом случае для определения местонахождения шара-пилота к нему подвешивают специальную антенну, отражающую сигналы радиолокатора. Применение радиолокатора позволяет не только проводить наблюдения при полной облачности, но и следить за перемещением шара-пилота до высот порядка 30 км и более.

Шаро-пилотные наблюдения за ветром в программу практических занятий не входят.

ЗАДАНИЕ 10.1. Измерение направления и скорости ветра по флюгеру Вильда

(задание выполняется на площадке метеорологической обсерватории)

Принадлежности: два действующих флюгера Вильда (с легкой и тяжелой доской), разборный флюгер.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством прибора и назначением отдельных его частей. Вычертить схему флюгера.
2. Пользуясь методикой наблюдений, указанной в описании прибора, отсчитать направление и скорость ветра: по флюгеру с лег-

кой доской; по флюгеру с тяжелой доской. Перевести отсчеты в м/с по табл.10.2.

3. Результаты наблюдений записать по форме табл. 10.1.1.

Таблица 10.1.1

Наблюдение за направлением и скоростью ветра по флюгеру Вильда

Место и время наблюдений

Вид флюгера	Направление ветра (по 16 румбам)	Скорость		Визуальные характеристики ветра по направлению и скорости
		№ штифта	м/с	
С легкой доской				
С тяжелой доской				

Контрольные вопросы

1. Как устанавливается флюгер Вильда?
2. Каково назначение основных частей флюгера?
3. В чем заключается порядок наблюдений по флюгеру?
4. Какие скорости ветра измеряются флюгерами с легкой и тяжелой доской?

Отчет по заданию должен содержать:

- зарисованную в тетради схему флюгера Вильда,
- таблицу с результатами измерений,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ЗАДАНИЕ 10.2. Измерение скорости ветра анемометром

Принадлежности: чашечный анемометр, секундомер.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с устройством анемометра. Научиться брать отсчет по циферблатам.

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

3. Пользуясь описанной выше методикой наблюдений по анемометру, снять начальный отсчет, включить прибор, счетный механизм и секундомер на 5 мин, затем выключить их и отсчитать конечный результат.

4. Провести вторую серию наблюдений аналогично первой.

5. По полученным данным вычислить разность конечного и начального отсчетов, число делений в секунду и скорость ветра в м/с.

6. Результаты наблюдений и вычисления записать по форме табл. 10.2.1.

Таблица 10.2.1

Определение скорости ветра чашечным анемометром

№ серии наблюдений	Время начала наблюдений	Отсчеты		Разность	Количество секунд	Количество делений в секунду	Скорость, м/с
		начальный	конечный				

Контрольные вопросы

1. Как различаются анемометры по конструкции приемной части?
2. Как устанавливается анемометр?
3. Для чего служат неподвижные кольца у арретира?
4. Как вычисляется скорость ветра, если количество делений в секунду не равно целому числу?

Отчет по заданию должен содержать:

- обработку двух серий наблюдений по анемометру по указанной форме,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

XI. ПРИЗЕМНЫЕ КАРТЫ ПОГОДЫ

Техника составления приземных карт погоды

Синоптическая карта (карта погоды) – это географическая карта, на которую цифрами и определёнными символами нанесены данные одновременных наблюдений за характеристиками погоды у поверхности Земли или на определённых уровнях атмосферы. Синоптическая карта может охватывать территорию от небольшого района до полушария или всего земного шара. Такие карты регулярно составляются в подразделениях службы погоды по несколько раз в день.

Карты погоды бывают:

- приземные и высотные (карты барической топографии), в зависимости от уровня в атмосфере;
- основные, дополнительные, карты полушария, тропической зоны (табл. 11.1);
- вспомогательные (опасных явлений погоды: гроз, туманов, шквалов, гололёда и др.), осадков, снежного покрова, экстремальных значений температуры воздуха, максимального ветра, тропопаузы, вертикальных движений, влажности и др.

Анализ синоптических карт является отправной точкой для составления прогноза погоды. Карты погоды позволяют одновременно рассматривать атмосферные процессы разного масштаба – крупномасштабные, характерный горизонтальный размер которых соизмерим с размерами материков и океанов, и региональные.

Основные *этапы первичного анализа* приземной карты погоды:

- проведение линий равного атмосферного давления – изобар;
- выделение основных барических образований в поле давления – циклонов, антициклонов, ложбин, гребней, седловин;
- проведение линий равной тенденции атмосферного давления – изаллобар;

Таблица 11.1

Характеристики карт в зависимости от масштаба
и сроков составления карт

Тип карты	Сроки	Масштаб	Проекция
Основные (синоптический масштаб)	00, 06, 12, 18 ч СГВ	1:15 000 000, 1:20 000 000	стереографическая, полярная, главный масштаб по парал- лели 60°
Дополнительные кольцевые	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 ч СГВ	1:5 000 000	стереографическая, полярная
Дополнительные микрочетевые	ежечасно	1:2 500 000	стереографическая, полярная
Карты полушария	00, 12 СГВ	1:30 000 000	стереографическая, полярная, главный масштаб по парал- лели 60°с. ш
Карты тропической зоны	00, 12 СГВ	1:30 000 000	проекция Меркато- ра, главный мас- штаб по параллели 22°30'

- выделение областей быстрого падения или роста давления;
- выделение цветом различных явлений погоды, в том числе опасных;
- проведение линий атмосферных фронтов.

Приземные карты погоды составляются на основе регулярных наблюдений за погодой на метеорологических станциях и постах. Результаты наблюдений оперативно передаются в центральные учреждения службы погоды в виде специальных телеграмм. Телеграммы дешифрируются, и их содержание наносится на карту в виде цифр и символов, отражающих условия погоды у поверхности Земли и сведения об облаках.

Схема размещения данных наблюдений на приземных картах погоды в общем виде и пример такой наноски показаны на рис. 11.1. Расшифровка обозначений – в табл. 11.2.

Кружок в центре схемы приземной наноски (рис. 11.1) – значок станции (пуансон), внутри которого заливкой обозначается общее количество облачности в баллах N (\leftrightarrow – 0, \leftarrow – 1, \uparrow – 2-3, \Rightarrow – 4, \downarrow – 5, \diamond – 6, \langle – 7-8, \otimes – 9, \odot – 10). Значок вида TM означает, что сквозь туман или мглу неба не видно. Если высота станции более 500 м над уровнем моря, кружок помещён в квадрат, если станция автоматическая, кружок помещён в треугольник.

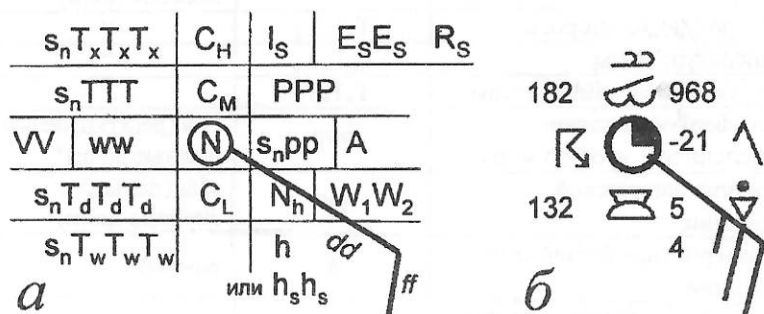


Рис. 11.1. Общая схема размещения данных наблюдений на карте погоды для одной станции (а), пример записи (б)

Часть данных наносится цифрами, остальные – условными значками (символами) в соответствии с общепринятыми обозначениями. Если величина показателя приводится с точностью до десятых долей единицы, запятая или точка не ставятся, десятые доли – крайняя справа цифра в числе. Например, для температуры воздуха на схеме наноски дается значение 243, значит, величина температуры 24,3°C.

Знак температуры воздуха, воды, температуры точки росы, барометрической тенденции определяется на схеме символом s_n . Если значения отрицательные, на схеме ставится «-» (минус), «+» (плюс) не наносится. Если информация о каком-либо метеорологическом элементе отсутствует, его место на схеме остается свободным.

Атмосферное давление (PPP), приведенное к уровню моря, наносят тремя цифрами в гектопаскалях, но без сотен и тысяч (десятки, единицы и десятые доли). Если трехзначное число начинается с 5 или большей цифры, то при расшифровке следует впереди поставить цифру 9, а если число начинается с 4 или меньшей циф-

Таблица 11.2

Обозначения на схеме синоптической наноски

Название показателя	Обозначение на схеме наноски	Единицы/способ отображения
Температура воздуха	ТТТ	градусы Цельсия (десятки, целые, десятые доли)
Температура точки росы	$T_d T_d T_d$	— “ —
Температура воды	$T_w T_w T_w$	— “ —
Экстремальные температуры	$T_x T_x T_x$	— “ —
Атмосферное давление, приведенное к уровню моря	PPP	гПа (десятки, целые, десятые доли)*
Величина барической тенденции	pp	гПа (целые, десятые доли)
Характеристика барической тенденции	A	символ
Толщина отложения льда при обледенении	$E_s E_s$	см
Количество облаков нижнего яруса	N_h	баллы (0–10)
Метеорологическая дальность видимости	VV	км или цифры кода
Высота облаков нижнего яруса при визуальной/инструментальной оценке	$h/ h_s h_s$	цифры кода
Причина обледенения судна	I_s	цифры кода
Характеристика обледенения	R_s	цифры кода
Атмосферные явления в срок наблюдения или в течение последнего часа перед сроком наблюдения	ww	символ
Атмосферные явления между сроками наблюдения	$W_1 W_2$	символ
Типы облаков по ярусам: нижний, средний, верхний	C_L, C_M, C_H	символ
Направление ветра	dd	символ*
Скорость ветра	ff	символ*
Характеристика барометрической тенденции	A	символ

* Подробности см. ниже.

ры, впереди следует поставить цифру 10. Например, если на карте нанесено значение 968, это означает, что давление составляет 996,8 гПа; значение 012 в наноске соответствует 1001,2 гПа.

Направление ветра (dd) указывают стрелкой (длиной 12–15 мм), идущей к центру кружка по направлению ветра (откуда дует ветер).

Скорость ветра (ff) обозначается оперением, наносимым у конца стрелки, перья направлены относительно конца стрелки влево (по часовой стрелке) в северном полушарии и вправо – в южном. Большое перо составляет 5 м/с, малое – 2–3 м/с, скорость 25 м/с обозначается зачернённым прямоугольным треугольником. При скорости 1 м/с боковое оперение не наносится. При штиле кружок станции обводится другим кружком чуть большего радиуса, при неустойчивом направлении ветра в конце стрелки ставится крест (X).

Первичная обработка приземных карт погоды

Анализ поля давления – один из первых шагов при обработке данных приземной наноски. Для выявления зон повышенного и пониженного давления проводятся *изобары* – линии равного атмосферного давления, для значений, кратных 5 гПа (например, 990, 995, 1000, 1005 гПа и т. д.). При проведении изобар важно учитывать направление ветра на станции с учетом барического закона ветра. Области, окруженные замкнутыми изобарами, обозначают прописными буквами «В» (высокое) для центра антициклона и «Н» (низкое) для центра циклона. Помимо циклонов и антициклонов важно проверить наличие таких форм барического рельефа, как *ложбины* (давление понижено) и *гребни* (давление повышено).

Дополнительную информацию о характере изменения атмосферного давления между сроками дает величина *барической тенденции* (изменение давления за последние три часа). Изолинии барических тенденций (*изаллобары*) проводятся через 1 гПа/3ч тонкими пунктирными линиями чёрного цвета. В центре области падения давления ставится «П» (падение) красным цветом, в центре области роста – «Р» (рост) синим цветом. Правее и внизу возле букв «П» и «Р» соответственно красным или синим цветом указывается величина максимального изменения давления с точностью до десятых: «П_{5,6}» или «Р_{5,6}» (знак не ставится).

Анализ явлений погоды – следующий этап. Значки для обозначения основных явлений погоды приведены в табл. 8.1. Для анализа явлений погоды соответствующими символами в цвете выделяются зоны *осадков* (зеленый цвет), *туманов* (желтый цвет) и *опасных явлений погоды* (красный цвет).

Зелёным цветом на приземной карте погоды обозначается снег, ливневые осадки и грозы в срок наблюдения и в течение последнего часа, зарницы в срок наблюдения, морось в срок наблюдения, гололёд в срок наблюдения и в течение последнего часа. *Обложные осадки* на станции обозначаются также зелёным цветом тремя параллельными штриховыми линиями, наклоненными вправо (///). *Жёлтым цветом* выделяют туманы в срок наблюдения, мглу при видимости менее 2 км. Если обложные осадки (из *Ns*) или туманы наблюдаются более чем на трех рядом расположенных станциях, то зону осадков обводят зелёной линией и закрашивают зелёным цветом, для туманов таким же образом используют жёлтый цвет.

Анализ атмосферных фронтов

Атмосферный фронт – узкая переходная зона между воздушными массами, характеризующаяся резкими изменениями метеорологических величин.

Воздушные массы (ВМ) – крупные объемы воздуха, размеры которых по горизонтали – несколько сотен или тысяч километров, обладающие общими погодными характеристиками и длительное время перемещающиеся как единое целое в системе воздушных течений общей циркуляции атмосферы.

Принято подразделять воздушные массы на четыре основные типа: арктические (антарктические), умеренные, тропические и экваториальные. Главные атмосферные фронты, разделяющие воздушные массы основных типов, называют арктический (антарктический) фронт (между арктической (антарктической) и умеренной ВМ), полярный фронт (между умеренной и тропической ВМ), в тропиках выделяют внутритропическую зону конвергенции (ВЗК).

Ширина фронтальной зоны невелика в сравнении с размерами воздушных масс, в идеализированном варианте ее можно представить как поверхность раздела двух ВМ. Пересечение этой поверхности с земной поверхностью называют *линия фронта*, или *фронт*.

Основные типы фронтов – тёплый, холодный, фронт окклюзии. При прохождении *тёплого* фронта тёплый воздух вытесняет холодный. Если линия фронта смещается под напором холодного воздуха – это *холодный* фронт. Фронты *окклюзии* – более сложные образования, представляющие объединение фронтальных поверхностей тёплого и холодного фронтов.

Определение положения линий атмосферных фронтов производится по комплексу признаков на приземных картах и картах барической топографии при их совместном анализе. Кроме того, учитывается история развития процесса: принимается во внимание положение циклонов, барических ложбин и фронтов на карте погоды за предыдущие сроки.

Для каждого типа атмосферных фронтов приняты свои обозначения на картах погоды.

Тёплые фронты принято выделять красным цветом либо простым карандашом со сдвоенными зачернёнными полукружиями на некотором расстоянии друг от друга, направленными в сторону перемещения тёплого фронта.

Холодные фронты выделяют синим цветом либо простым карандашом со сдвоенными зачернёнными треугольниками, направленными в сторону перемещения холодного фронта.

Фронты окклюзии выделяются коричневым цветом или лиловым цветом, либо линией, с чередованием расположенных рядом зачернённых треугольника и полукруга. Если определён тип фронта окклюзии – тёплый или холодный, то, соответственно, зачерняется либо полукруг, либо треугольник.

Приземной карты недостаточно для определения наличия и точного положения атмосферного фронта. Тем не менее, есть ряд общих признаков, которые в той или иной степени характерны для атмосферных фронтов на приземных картах:

- линия фронта располагается вдоль оси барической ложбины;
- вдоль линии фронта в поле ветра наблюдается сходимость воздушных потоков;
- при переходе через линию фронта значения метеорологических элементов (температуры воздуха, точки росы, влагосодержания, горизонтальной видимости и пр.) меняются скач-

- кообразно: контраст температуры при переходе из одной воздушной массы в другую может достигать 8–10°C;
- барические тенденции по обе стороны фронта различаются по величине и по знаку: перед тёплым фронтом располагается замкнутая область падения давления, за холодным фронтом – область роста давления;
 - ветер при прохождении линии фронта всегда поворачивает по часовой стрелке (правый поворот ветра): например, направление после прохождения тёплого фронта часто меняется с юго-восточного на южное, юго-западное, после прохождения холодного фронта поворот ветра более заметен – от южного, юго-западного он сменяется на западный, северо-западный, усиливаясь за холодным фронтом;
 - для каждого фронта имеется характерная для него зона облачности и осадков. Перед тёплым фронтом наблюдаются облака восходящего скольжения (слоистообразные) – *Cs*, *As*, *Ns*, с которыми связаны обложные осадки, перед холодным фронтом – типичны кучево-дождевые облака *Cb* и ливневые осадки, град, грозы. У фронта окклюзии облака и осадки располагаются по обе стороны фронта.

Гидрометеорологическая информационная система ГИС МЕТЕО

Работа с гидрометеорологической информацией в настоящее время выполняется при активном использовании геоинформационных систем (ГИС). ГИС организует оперативное получение данных наблюдений с использованием многоканальной системы ввода информации (проводная, телефонная, спутниковая), хранение данных, их перекодировку, доступ к данным из различных программ. В подразделениях Федеральной службы по гидрометеорологии и охране окружающей среды наиболее распространена ГИС Метео (Соколихина и др., 2010).

В базу данных ГИС Метео после каждого срока наблюдений поступают значения около пятидесяти гидрометеорологических параметров. Данные проходят контроль качества.

С помощью ГИС Метео пользователь может:

- подготовить «географическую основу» карты любой территории;

- выбирать метеорологические параметры из базы данных и наносить их на карту в различных формах (значения, изолинии, значения в точке и наноски (пуансоны), цветное поле и др.);
- выбирать и наносить на карту в различных формах монтажа из снимков метеорологических спутников Земли;
- проводить на карте фронтальные линии и линии других типов (траектории движения частиц, границы зон осадков, облачности, и др.);
- строить на карте траекторную модель по фактическим и прогностическим данным;
- формировать сопровождающий текст к карте;
- наносить на карту названия городов и/или индексы метеостанций;
- совмещать на одной карте разные данные;
- сохранять в памяти ЭВМ изготовленные бланки и карты для использования в дальнейшей работе;
- строить карты автоматически по заданному расписанию;
- просматривать на экране дисплея имеющиеся метеорологические карты;
- выделять отдельные области карты для изображения их в укрупненном масштабе;
- корректировать сомнительные данные на карте;
- выводить карты на печатающее устройство.

ГИС Метео строит карты с оперативной информацией наземных гидрометеостанций и постов, морских и океанических станций, средств дистанционного зондирования атмосферы, поступающей со всего земного шара. По данным различных гидродинамических моделей, работающих в метеорологических центрах России (Москва, Новосибирск), Великобритании (Рединг, Экстер), США (Вашингтон), Германии (Оффенбах), создаются карты с прогностическими параметрами различной заблаговременности (до 168 часов).

Осуществление оперативной работы в технологии ГИС Метео происходит с помощью автоматизированного рабочего места (АРМ синоптика, авиационного синоптика, агрометеоролога, радиометеоролога, гидролога). АРМ – индивидуальный комплекс техниче-

ких и программных средств, предназначенный для автоматизации работы. АРМ синоптика позволяет организовать работу любого метеорологического центра путем оперативного создания следующих видов продукции:

- приземных карт погоды, карт абсолютной и относительной топографии, монтажей снимков орбитальных и геостационарных спутников, стыкованных карт по данным МРЛ;
- прогностических карт давления, геопотенциала, температуры, влажности, ветра;
- карт прогнозов осадков с определением их фазового состояния, прогнозов облачности и фронтальных зон;
- карт прогнозов вертикальных скоростей ветра и турбулентности по модели пограничного слоя;
- траекторных расчетов по аэрологическим данным и данным объективного анализа и прогноза полей геопотенциала или ветра;
- фактических и прогностических стратификации температуры, влажности, ветра на бланках аэрологических диаграмм и расчетов по ним;
- вертикальных разрезов атмосферы;
- синоптических таблиц и таблиц осадков, графиков изменения метеопараметров.

АРМ авиационного синоптика-прогнозиста наряду с вышенерчисленными видами продукции позволяет оперативно работать с текстами телеграмм в авиационных кодах, с голосовым воспроизведением аэродромных сводок погоды, а также создавать специализированные карты:

- вертикальных разрезов по маршруту полета воздушного судна с расчетом его истинной скорости;
- прогнозов явлений погоды, опасных для авиации (грозы, болтанки, обледенения и т. п.).

Основным объектом, с которым работает пользователь ГИС Метео, является слайд, видимый на экране компьютера (рис. 11.2). Слайд – это географическая электронная карта с помещенной на ней гидрометеорологической и иной информацией (орография на суше, батиметрия в океане, гидрографическая сеть, названия городов, индексы станций, и др.). Созданные карты можно

хранить в архиве слайдов в виде произвольно названных файлов, поэтому их можно вызвать на экран компьютера в любой момент времени.

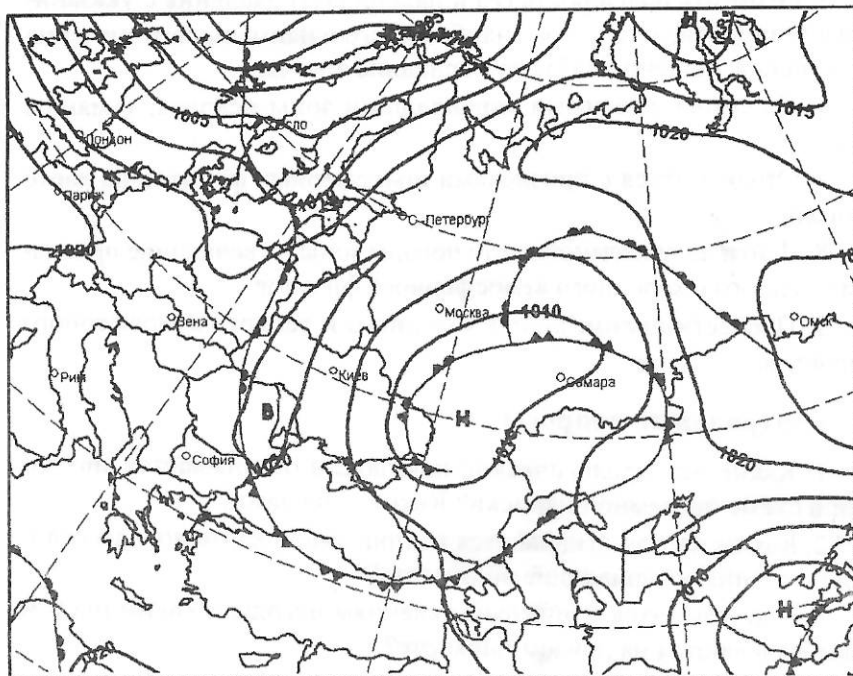


Рис. 11.2. Слайд ГИС Метео с проведенными изобарами и атмосферными фронтами

ЗАДАНИЕ 11.1. Составление и анализ приземных карт погоды

Материалы к заданию: приземная карта погоды.

Порядок выполнения задания

1. Ознакомиться с типами приземных карт погоды и схемой расположения метеорологических данных на картах погоды.
2. Провести простым карандашом изобары через каждые 5 гПа и подписать их.
3. Обозначить буквами центры циклонов (Н) и антициклонов (В).

4. Провести изаллобары (линии равной изобарической тенденции).

5. Отметить очаги роста (Р) и падения (П) давления с указанием синим и красным цветом наибольшего и наименьшего значения изменения давления в гПа за последние три часа.

6. Выделить цветными карандашами зоны осадков, туманов, гроз.

7. Ознакомиться с признаками атмосферных фронтов на карте погоды.

8. Найти на приземной карте погоды зоны, отвечающие признакам теплого и холодного атмосферного фронтов.

9. Провести цветом линии холодного и теплого атмосферного фронтов.

Контрольные вопросы

1. Какие метеорологические показатели обозначаются значками в схеме приземной наноски? Какие – числами?

2. Каким цветом выделяются на приземной карте погоды осадки и явления, ухудшающие видимость?

3. Что относится к опасным явлениям погоды и каким цветом они выделяются на приземной карте?

4. Почему для районов прохождения атмосферного фронта характерна облачная погода?

5. С чем связано преобладание слоистообразной облачности на теплом фронте и кучевообразной – на холодном фронте?

Отчет по заданию должен содержать:

- приземную карту погоды с проведенными изобарами, подписанными центрами циклонов и антициклонов, выделенными цветом зонами осадков, туманов, гроз, проведенными атмосферными фронтами,
- письменные ответы на контрольные вопросы.

ХИ. ЗНАКОМСТВО С ОСНОВНЫМИ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Основными источниками сведений о погоде и климате являются результаты наблюдений сети метеорологических станций в виде наблюдательских книжек, месячных таблиц, ежегодников, ежемесячников и климатических справочников и атласов. Сохранение этой информации производится как в бумажном виде, так и на электронных носителях.

В *наблюдательских книжках* содержится первичный материал – записи ежедневных наблюдений по срокам. Этот материал является исходным и представляет большую ценность.

Месячные таблицы составляют на метеорологических станциях по данным наблюдательских книжек и являются первым этапом обработки наблюдений. В них наряду со значениями метеорологических элементов по срокам приводятся средние и суммарные величины, наибольшие и наименьшие значения за сутки, декады, месяц, а также число дней с тем или иным значением за месяц. В дальнейшем месячные таблицы подвергаются тщательной проверке, которая осуществляется не только на метеорологических станциях, но также в областных центрах по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Задачей этой проверки является анализ материалов наблюдений с целью выявления ошибок, вызванных недочетами в организации наблюдений, неисправностью приборов, случайными просчетами наблюдателей и т. п.

Метеорологические наблюдения, прошедшие проверку, считаются подготовленными к печати. За период с 1951 по 1960 гг. в Советском Союзе они печатались в виде так называемых *метеорологических ежегодников*. Позже вместо ежегодников областными и республиканскими управлениями ГМС стали издаваться *метеорологические ежемесячники*. Всего за год издавалось 13 выпусков. В первых двенадцати выпусках приводились средние декадные и месячные данных наблюдений станций и постов, а для

отдельных станций по некоторым метеорологическим элементам — данные ежедневных и ежечасных наблюдений.

Ежечасные и средние за сутки величины метеорологических элементов совместно с синоптическими картами используются для анализа явлений погоды и атмосферных процессов, вызывающих эти явления, а также в прикладных целях; эти данные служат материалом для составления климатических справочников.

Климатические справочники

Климатические справочники по характеру содержащегося материала делятся на средние многолетние и справочники за отдельные годы. Они являются основным официальным изданием для удовлетворения нужд различных отраслей хозяйства и для разработки научных задач.

В справочниках, содержащих метеорологические данные за отдельные годы, публикуются средние величины или суммы различных метеорологических элементов по месяцам, а также наибольшие и наименьшие их значения по станциям. Кроме того, в них приводятся сведения о повторяемости того или другого явления (например, туманов, гроз, ливней, метелей и др.).

Климатические справочники за отдельные годы, содержащие материалы по 1950 г., были изданы в Советском Союзе в 1953—1960 гг. В 1970—1979 гг. вышла новая серия таких справочников, включающих материалы по 1960 г. и по некоторым станциям по 1970 г. включительно.

Данные справочников за отдельные годы могут быть использованы для учета конкретных условий того или иного года. По ним также можно исследовать изменчивость атмосферных условий из года в год, изучать особенности географического распределения температуры и осадков в аномально теплые месяцы или холодные, сухие или чрезмерно увлажненные месяцы, сезоны или годы, и решать многие другие задачи. Использование в этих целях средних месячных величин, взятых непосредственно из месячных таблиц или ежегодников нерационально, так как собранный таким путем материал может оказаться недостаточно надежным. В нем могут быть ошибки, которые по данным за один год обнаружить невозможно. Материалы, опубликованные в справочниках, от такого рода ошибок освобождены путем их анализа за многолетний период.

Справочники, содержащие средние многолетние выводы. В нашей стране имеется несколько изданий климатических справочников с многолетними выводами, отличающимися друг от друга качеством и объемом информации: продолжительностью периода наблюдений, за который подсчитывались средние величины, количеством станций, включаемых в справочники, а также разнообразием климатических показателей. Большой полнотой во всех отношениях отличается Справочник по климату СССР, изданный в 1964–1969 гг.

В этом издании за основной принят период по температуре воздуха с 1881 по 1960 г., по остальным метеорологическим элементам – с 1891 по 1960 г. «Справочник по климату СССР» состоит из пяти частей.

Часть I. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние.

Часть II. Температура воздуха и почвы.

Часть III. Ветер.

Часть IV. Влажность воздуха, осадки, снежный покров.

Часть V. Облачность и атмосферные явления.

Всего в «Справочнике по климату СССР» 34 выпуска, в каждом из которых содержатся материалы для определенной территории СССР.

В 1987–1992 гг. издан «Научно-прикладной справочник по климату СССР». Серия 3 этого издания содержит многолетние данные. Этот справочник включает 34 выпуска под соответствующим номером, указывающим на принадлежность данных к определенной территории. Каждый выпуск справочника состоит из 7 частей.

Часть 1. Солнечная радиация и солнечное сияние.

Часть 2. Температура воздуха и почвы.

Часть 3. Ветер и атмосферное давление.

Часть 4. Влажность воздуха, осадки и снежный покров.

Часть 5. Облачность, атмосферные явления, гололедно-изморозевые образования.

Часть 6. Комплексы метеорологических величин.

Часть 7. Специализированные характеристики для строительного проектирования.

Части 1–6 каждого выпуска объединены в одно издание; часть 7 издана отдельно.

Научно-прикладной справочник по климату СССР содержит результаты климатологической обработки материалов наблюдений, проводимых на метеорологических станциях с длительными и однородными рядами наблюдений. Кроме того, по сравнению с предыдущим изданием в нем значительно расширен состав информации. Справочник содержит новые виды климатических показателей: средние квадратические отклонения, коэффициенты асимметрии, корреляционные функции, характеристики выбросов. В этом издании за основной принят период по температуре воздуха 1881–1980 гг., по осадкам – 1891–1980 гг.

В 1965–1985 гг. изданы климатические справочники по континентам земного шара, которые включают средние данные в основном по следующим показателям: температура воздуха, осадки, ветер, влажность воздуха, облачность и туманы.

Основные климатические показатели

Средние значения. Для характеристики климата необходимы в первую очередь такие показатели, как многолетние средние величины элементов (температуры, влажности, давления и др.).

Климатологический смысл средних многолетних значений заключается не столько в точности их абсолютной величины, сколько в сравнимости их между собой как в пределах исследуемой территории, так и в широком планетарном масштабе. Величины средней температуры, осадков и др. можно рассматривать как «климатологические нормы» для данного географического района лишь приближенно, так как в связи с «разбросом» (разнообразием) фактических данных климатические средние часто не совпадают с преобладающими значениями. В таком случае может показаться, что вычисление средних с большой точностью себя не оправдывает. Однако принятая в справочниках точность (температура воздуха до $0,1^\circ$, осадки до 1 мм) во многих случаях позволяет ясно обнаружить ту или иную тенденцию в пространственном распределении элементов и проследить географические закономерности. Указанная точность вычисления средних позволяет также производить картографирование элементов в достаточно крупном масштабе.

Средние значения элементов климата можно рассматривать как многолетнее суммарное воздействие на подстилающую поверхность и другие компоненты природной среды солнечной радиации, радиационного тепла (выражаемого через температуру воздуха и почвы), атмосферных осадков и испарения, кинетической энергии ветра и др.

Многолетние средние дают возможность изучать особенности годового и суточного хода отдельных метеорологических элементов. Сопоставление же кривых годового хода элементов дает возможность получить представление о важнейших чертах климата данной территории.

Для примера на рис.12.1 приведены годовой ход температуры воздуха, атмосферных осадков и числа дней с осадками по ст. Москва (Сельскохозяйственная академия им. Тимирязева). На

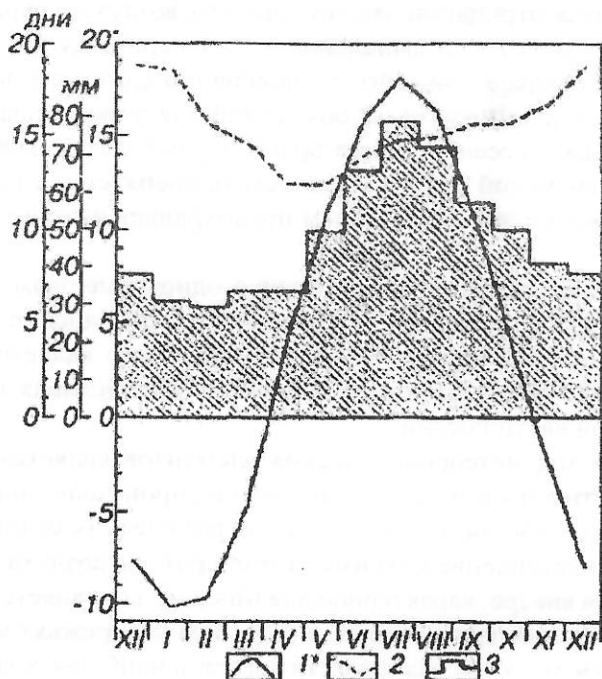


Рис. 12.1. Годовой ход температуры воздуха (1), количества дней с осадками (2) и месячных сумм атмосферных осадков (3)

графике видно, что самым холодным месяцем в Москве является январь (средняя месячная температура воздуха $-10,2^{\circ}\text{C}$), самым теплым – июль (средняя месячная температура воздуха $+18,1^{\circ}\text{C}$). Годовая амплитуда температуры – разность между средней месячной температурой самого холодного и самого теплого месяцев – составляет $28,3^{\circ}\text{C}$. Переход средней суточной температуры через 0°C в сторону положительных значений происходит в первой половине апреля, в сторону отрицательных – в начале ноября.

Годовая сумма осадков в районе Сельскохозяйственной академии им. Тимирязева составляет в среднем 582 мм. Основное их количество (408 мм) выпадает в теплый период (апрель–октябрь). Зимой в связи с уменьшением влагосодержания воздуха снижается интенсивность осадков и уменьшаются их месячные суммы, несмотря на более частое выпадение (табл. 12.1). Максимум осадков приходится на июль (79 мм), минимум – на февраль (30 мм).

Устойчивая отрицательная температура воздуха, сохраняющаяся около 5 месяцев, и выпадение в этот период существенного количества осадков приводит к накоплению снежного покрова и обогащению почвы влагой, необходимой для развития растительного покрова в весенне-летнее время. Кроме того, снежный покров, обладая малой теплопроводностью, препятствует глубокому промерзанию почвы и тем самым предохраняет растения от промерзания.

Повышение температуры воздуха с одновременным увеличением количества осадков от зимы к лету и совпадение времени наступления максимумов этих элементов также является характерной и благоприятной чертой климата центральных областей европейской части России.

Годовой ход метеорологических элементов является важной характеристикой климата, и его изменения происходят лишь в связи со значительными изменениями географических условий. Так, например, наступление максимума температуры воздуха в июле и минимума в январе, характерное для Москвы, сохраняется во всей континентальной части России, и только на побережьях морей самым теплым месяцем оказывается август, а наиболее холодным – февраль.

Крайние значения. Если бы условия погоды отличались устойчивостью из года в год и от одного дня к другому, то для харак-

Таблица 12.1

Средние месячные и годовые значения основных
метеорологических элементов по ст. Москва
(Сельскохозяйственная академия им. Тимирязева)

Первое полугодие							
Метеорологи- ческие элементы	I	II	III	IV	V	VI	
Температура воздуха, °С	-10,2	-9,6	-4,7	4,0	11,6	15,8	
Парциальное давление водяного пара, гПа	2,8	2,9	3,7	6,0	8,9	12,4	
Атмосферные осадки, мм	31	30	34	34	50	66	
Количество дней с осадками	18,5	15,6	14,6	12,5	12,5	14,0	
Второе полугодие							
Метеорологи- ческие элементы	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха, °С	18,1	16,2	10,6	4,2	-2,2	-7,6	3,8
Парциальное давление водяного пара, гПа	14,7	14,2	10,4	6,9	4,8	3,6	7,6
Атмосферные осадки, мм	79	72	57	50	41	38	582
Количество дней с осадками	14,8	15,0	15,7	15,7	16,7	18,8	184,4

теристики климата было бы достаточно средних величин. Однако типичной чертой режима погоды, особенно в умеренном поясе, является неустойчивость, непостоянство. В связи с этим при составлении климатических характеристик уделяется внимание не только средним, но и крайним значениям метеорологических элементов.

Крайние значения – наибольшие и наименьшие (максимальные и минимальные) – показывают пределы, в которых вообще может колебаться тот или другой метеорологический элемент. *Абсолютный максимум или минимум* – это крайние значения данного элемента, которые отмечались один раз за весь период наблюдений. Например, в Москве (по данным ТСХА) абсолютный минимум температуры воздуха за период с 1891 по 1960 гг. составляет -42°C (январь), а максимальное количество осадков за сутки 61 мм (июль). Абсолютные максимальные и минимальные величины, отмеченные только однажды, не могут дать представления о наиболее вероятных низких и высоких значениях элемента. Поэтому в справочниках приводятся еще средние многолетние из наиболь-

ших или наименьших значений для каждого года (обычно они приводятся только по температуре воздуха).

Средние максимальные и минимальные значения за месяц выводятся из максимальных и минимальных величин температуры за каждый день. Они дают представление о температуре самого теплого и самого холодного времени суток, а следовательно, и о суточной амплитуде температуры.

На рис. 12.2 приведен годовой ход средней максимальной и минимальной температуры в Москве. Из рис. 12.2 видно, что темпера-

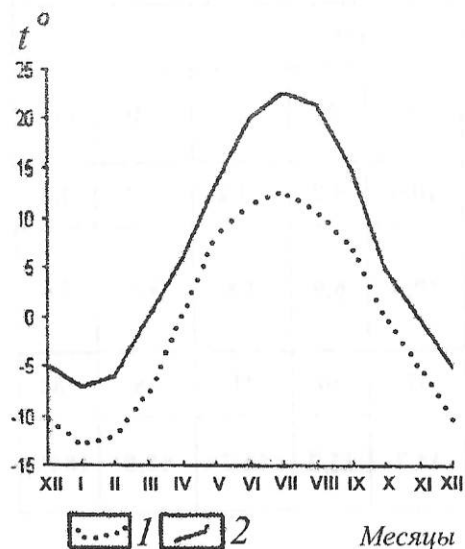


Рис. 12.2. Средняя минимальная (1) и средняя за 13 ч (2) температура воздуха

тура воздуха в Москве в июле в дневное время суток достигает в среднем 24°C , а ночью падает до 13°C , в январе днем она поднимается до -7°C , а ночью опускается до -14°C . Таким образом, суточная амплитуда температуры (разность между максимумом и минимумом) в середине лета составляет 11°C и в середине зимы 7°C .

Суточный ход температуры воздуха ярче всего выражен в конце весны и в первой половине лета. Наибольшей величины суточная амплитуда температуры достигает в июне (11°C), наименьшей – в ноябре (5°C) (см. рис. 12.2).

Весной и осенью наблюдаются периоды, когда днем температура положительна, а ночью падает ниже 0°C . Весной это характерно для второй половины марта и первой половины апреля, осенью – для конца октября и первой половины ноября.

Более подробные сведения о суточном ходе температуры воздуха можно получить в Справочниках по таблице «Суточный ход температуры воздуха», в которой приводятся осредненные значения температуры за каждый час суток, а также в таблице «Средняя суточная амплитуда температуры воздуха при ясном, полужасном и пасмурном небе и вне зависимости от состояния неба».

Для более детальной характеристики заморозков в Справочниках имеются таблицы: «Дата первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода» на поверхности почвы и в воздухе (на высоте двух метров от земной поверхности, т. е. в психрометрической будке).

Повторяемость значений метеорологических элементов в разное время года оценивается для более полного представления о климате. С этой целью подсчитывают количество дней с теми или иными значениями элементов или явлениями. Для примера в табл. 12.2 и на рис. 12.3 приведена повторяемость средней суточной температуры по градациям через 5°C (по ст. Москва, ТСХА).

Величина многолетней средней месячной температуры не всегда является наиболее вероятным значением. Так, например, в Москве средняя температура января $-10,2^{\circ}\text{C}$, а наибольшая повторяемость имеет средняя суточная температура около -5°C (см. табл. 12.2). Сравнительно низкая средняя месячная температура января ($-10,2^{\circ}\text{C}$) формируется под влиянием редких, но ин-

Таблица 12.2

Количество дней со средней суточной температурой в различных пределах. Москва (Сельскохозяйственная академия им. Тимирязева)

Температура, °С		Число дней	
от	до	Январь	Июль
-39,9	-35,0	0,06	—
-34,9	-30,0	0,3	—
-29,9	-25,0	0,9	—
-24,9	-20,0	2,4	—
-19,9	-15,0	4,6	—
-14,9	-10,0	6,3	—
-9,9	-5,0	7,3	—
-4,9	0,0	7,3	—
0,1	5,0	1,9	—
5,1	10,0	—	0,1
10,1	15,0	—	4,8
15,1	20,0	—	15,8
20,1	25,0	—	9,5
25,1	30,0	—	0,8
Всего		31	31

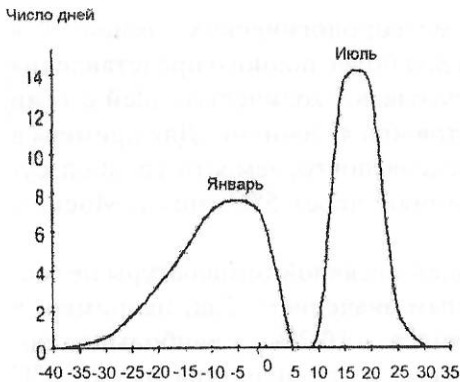


Рис. 12.3. Повторяемость средней суточной температуры воздуха в различных пределах

тенсивных похолоданий. Кривая повторяемости в зимнее время года имеет ярко выраженную асимметрию: в сторону отрицательной температуры она опускается полого, а в сторону положительной — резко. Объясняется это тем, что в средней полосе в связи с адвекцией холодных воздушных масс и радиационным выхолаживанием наблюдается большое разнообразие значения отрицательной

температуры. Бывают случаи, хотя и редко (6 раз за 100 лет), когда средняя суточная температура в январе опускается ниже -35°C . В этом же месяце средняя суточная температура может быть и выше 0°C – повторяемость градации от $0,1^{\circ}$ до 5°C составляет 2 дня в месяц.

В летнее время года (июль) кривая повторяемости почти симметрична. Резко выделяется повторяемость (около 16 дней в Москве) температуры от 15° до 20°C , которая мало отличается от средней месячной температуры $18,1^{\circ}\text{C}$. Из сказанного можно сделать вывод, что средняя месячная температура летом гораздо лучше отражает температурный режим этого времени года, чем средняя месячная температура зимой.

Изменчивость средней суточной температуры в июле в два раза меньше, чем в январе. Средняя суточная температура в этом месяце колеблется в пределах 25° (от 5° до 30°C), в январе же – в пределах 45° (от -40° до 5°C).

Следует отметить, что даже в июле могут быть, хотя и очень редко, весьма холодные дни с температурой воздуха ниже 10°C .

Климатические карты и атласы

Климатические *карты* по отдельным важнейшим элементам имеются почти во всех географических атласах. Кроме того, издаются специальные климатические *атласы*, полностью посвященные характеристикам различных сторон климата.

Климатические карты составляются главным образом на основании табличных данных справочников. Путем интерполяции, на основании показаний отдельных пунктов на карте создается картина непрерывного распределения элемента (или явления) по территории. Пользуясь картами, можно найти необходимое значение элемента для любой точки территории.

Чтобы карта отражала действительно существующие в природе закономерности, при проведении на ней изолиний (линий равных значений элементов) не ограничиваются формальной линейной интерполяцией, а учитывают физико-географические условия местности.

Климатические карты составляются преимущественно по значениям элементов у земной поверхности, но в последнее время и

для различных уровней в свободной атмосфере. Для температуры воздуха и парциального давления водяного пара карты строятся также и по данным, приведенным к уровню моря. Многолетние средние карты атмосферного давления строятся только для уровня моря. Для свободной атмосферы вычерчиваются многолетние средние карты барической топографии.

Приведение температуры воздуха к уровню моря чаще всего осуществляется при составлении мелкомасштабных карт, охватывающих большие пространства: весь земной шар или значительные его части, при этом вертикальный температурный градиент принимается равным $0,5^{\circ}\text{C}$ на 100 м.

Преимуществом картографического материала перед табличным является то, что он дает наглядное представление о закономерностях географического распределения метеорологических элементов. Кроме того, на карту можно наносить не один, а два или более метеорологических элементов. Особенно наглядными являются карты при совмещении нескольких элементов, связанных между собой.

Для примера рассмотрим январскую карту распределения температуры воздуха, суммарной радиации и преобладающих ветров (рис. 12.4). Изолинии суммарной радиации идут в широтном направлении, что указывает на возрастание прихода солнечного тепла с севера на юг. Изотермы же в большей части направлены в основном с северо-запада на юго-восток. Это особенно ясно выражено в северной половине территории. Горизонтальный градиент температуры направлен здесь не с севера на юг, а с запада на восток, в сторону якутского полюса холода.

Отклонение изотерм от параллелей указывает на то, что зимой решающую роль в распределении температуры играют не радиационные, а циркуляционные факторы. Об этом можно судить по направлению преобладающих ветров (стрелки на карте), характеризующим основные направления переноса воздуха.

Летом почти всюду на континентах важнейшим фактором в распределении температуры является солнечная радиация, поэтому изотермы в отличие от зимы располагаются в основном в соответствии с географической широтой (рис. 12.5).

Для сопоставления условий увлажнения различных территорий можно использовать комплексную карту среднего многолетнего

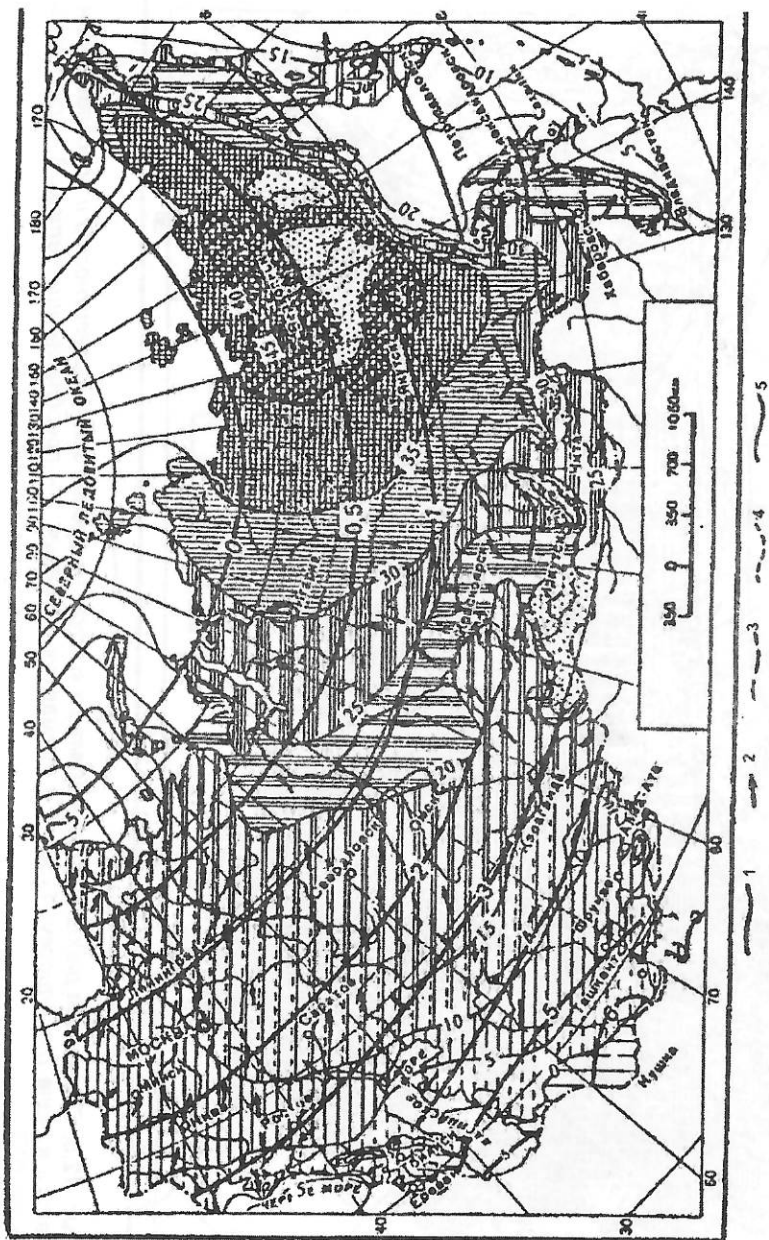


Рис. 12.4. Суммарная радиация, температура воздуха на уровне земной поверхности и преобладающие ветры в январе (по Алисову, 1956): 1 — суммарная радиация, 2 — преобладающие ветры, 3 — изотермы выше 0°C, 4 — изотермы 0°C, 5 — изотермы ниже 0°C

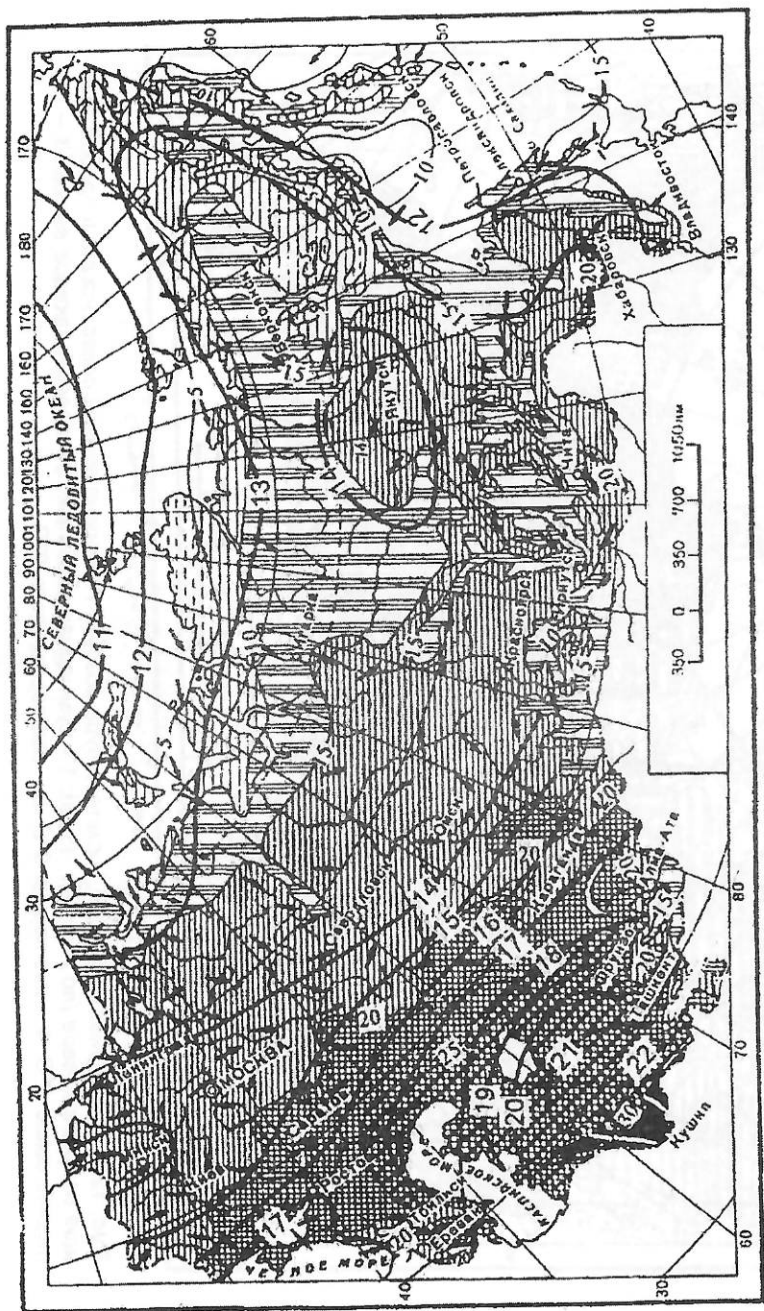


Рис. 12.5. Суммарная радиация, температура воздуха на уровне земной поверхности и преобладающие ветры в июле (по Алисову, 1956): 1 — суммарная радиация, 2 — преобладающие ветры, 3 — изотермы выше 0°C

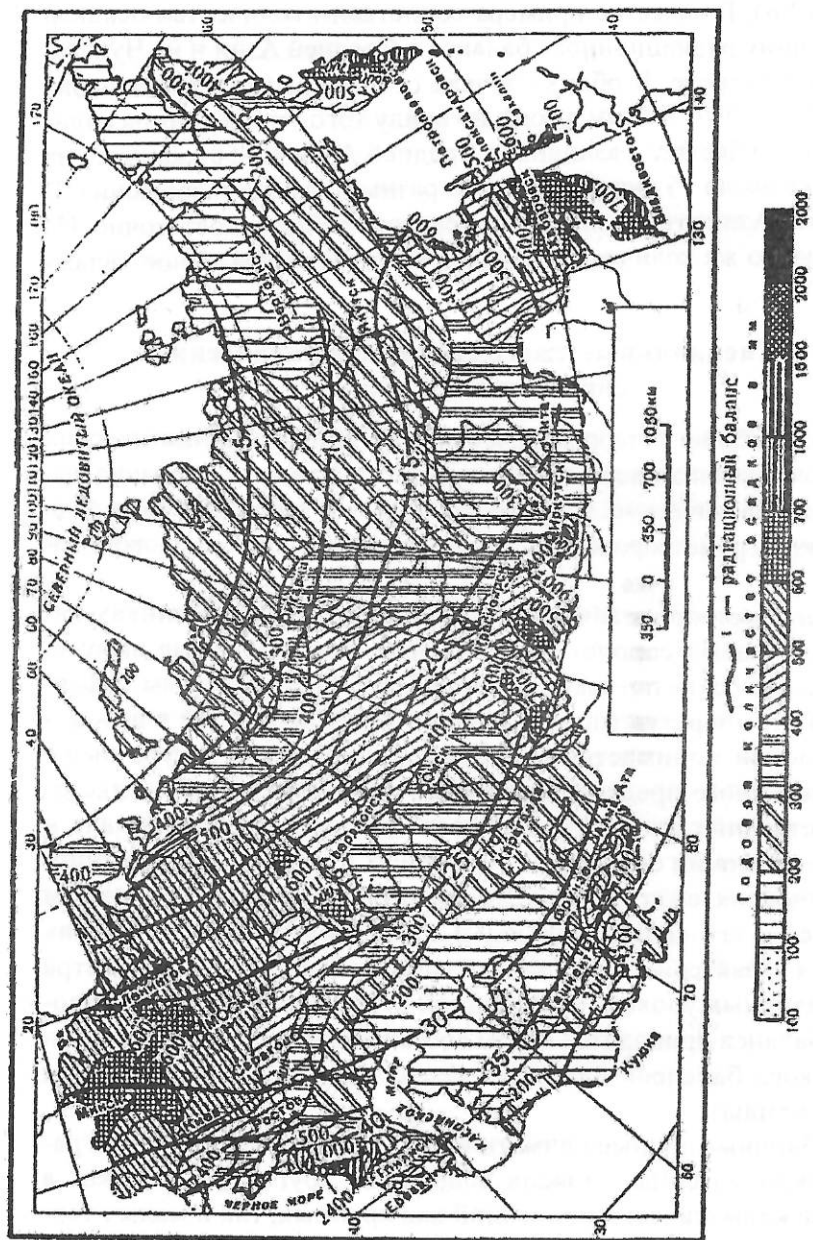


Рис. 12.6. Годовое количество осадков и радиационный баланс (по Алисову, 1956)

количества осадков и величины радиационного баланса за год (рис. 12.6). В качестве примера сопоставим количество осадков и величину радиационного баланса в Средней Азии и на Чукотском полуострове. В обоих случаях осадков выпадает одинаково мало (от 100 до 200 мм в год), но ввиду того, что величина радиационного баланса различна (в Средней Азии 40–50 ккал/год, на Чукотке около 15 ккал/год), виден разный эффект увлажнения. В Средней Азии этого количества осадков крайне недостаточно. На Чукотке то же количество осадков вызывает избыточное увлажнение.

Специальные ежегодники, климатические справочники и атласы

Кроме общих метеорологических ежегодников, климатических справочников и атласов, имеются также специальные издания: агрометеорологические, актинометрические и аэрологические ежегодники, агрометеорологические справочники, атлас теплового баланса.

В агрометеорологических ежегодниках и справочниках наряду с общеметеорологическими имеются различные агрометеорологические показатели, например такие, как суммы эффективных температур (под эффективной температурой в агрометеорологии понимается средняя суточная температура выше определенного предела, различного для разных видов сельскохозяйственных культур), влажность почвы, данные о начале и конце вегетации сельскохозяйственных культур и др. В актинометрических ежегодниках имеются данные о радиационном балансе и его составляющих. В аэрологических ежегодниках даются характеристики температуры, влажности воздуха и ветра на различных уровнях в свободной атмосфере. В атласе теплового баланса приводятся карты составляющих радиационного и теплового балансов для всего земного шара (за исключением Антарктиды).

Табличные данные климатических справочников и картографический материал атласов дополняют друг друга и лежат в основе климатических описаний как крупных, так и малых территорий.

Кроме прямых количественных показателей, содержащихся в климатических справочниках и атласах, можно использовать косвенные данные, подтверждающие количественные особенности климата: принадлежность данной территории к той или иной растительно-почвенной зоне, характер выветривания и денудации, фенологические явления, а также ряд местных явлений – ветровые кроны деревьев, развитие овражной сети, песчаные дюны, морозобойные трещины на стволах деревьев.

При составлении климатических характеристик той или иной территории все перечисленные показатели (средние, повторяемости и крайние величины) следует брать из официальных климатических справочников и атласов, где надежность данных обеспечивается методикой их составления.

ЗАДАНИЕ 12.1. Знакомство с основными климатологическими материалами

Материалы к заданию: климатические справочники с многолетними средними величинами, климатические атласы.

Порядок выполнения задания

1. По одному из пунктов, расположенному в пределах России или бывшего СССР, выписать следующие данные:

- среднюю месячную температуру воздуха для всех месяцев года;
- средние из абсолютных максимумов и минимумов температуры воздуха в январе и июле;
- даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5, +10, –5, –10°C в периоды подъема и понижения температуры воздуха;
- среднюю относительную влажность воздуха за 13-часовой срок;
- средние месячные суммы осадков и среднюю годовую сумму осадков;
- среднее месячное количество дней с осадками;
- высоту снежного покрова по декадам;

- преобладающее направление ветра в каждом месяце года;
- повторяемость направления ветра по восьми румбам и повторяемость штилей в январе, апреле, июле и октябре.

2. Построить графики годового хода температуры воздуха, относительной влажности и числа дней с осадками.

3. Построить диаграммы годового хода осадков и высоты снежного покрова.

4. Построить розы ветров по месяцам: январь, апрель, июль, октябрь.

5. Сделать выводы о климатических условиях района:

- выделить самый холодный и самый теплый месяцы года и определить годовую амплитуду температуры;
- указать ежегодно возможный максимум и минимум температуры воздуха в самый холодный и самый теплый месяцы года;
- указать даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5, +10, -5, -10° С в периоды подъема и понижения температуры воздуха;
- определить наибольшее нарастание температуры воздуха весной и понижение осенью и указать, между какими месяцами это происходит;
- определить месяцы с наибольшим и наименьшим количеством осадков;
- объяснить причину летнего максимума и зимнего минимума в годовом ходе осадков;
- определить время года с наибольшим и наименьшим количеством дней с осадками и проследить, совпадает ли оно с моментами наибольшего и наименьшего количества осадков;
- определить время наступления максимума и минимума в годовом ходе относительной влажности; объяснить особенности годового хода относительной влажности, используя годовой ход температуры воздуха, количества осадков и количества дней с осадками;
- отметить время установления снежного покрова (по графику), указать декаду с наибольшей средней высотой и отметить время схода снежного покрова;

- указать месяцы, когда происходит переход в преобладающих ветрах от зимнего к летнему режиму;
- сделать выводы о повторяемости различных направлений ветра и штилей в разные сезоны.

ЗАДАНИЕ 12.2. Условия формирования и характеристика различных типов климата

Материалы к заданию: климатологический справочник, атлас теплового баланса, карты атмосферного давления и положения климатологических фронтов в январе и июле, таблица возможных сумм радиации при ясном небе.

Порядок выполнения задания

1. Для пунктов, предложенных преподавателем, по имеющемуся справочному материалу определить:

- возможные (при ясном небе) месячные и годовые суммы солнечной радиации (таблица),
- фактические (с учетом облачности) суммы солнечной радиации и радиационного баланса за каждый месяц и за год (атлас теплового баланса),
- температуру и относительную влажность воздуха, облачность и осадки за каждый месяц (климатические справочники),
- центры действия атмосферы, определяющие перенос воздушных масс над данным районом, и преобладающее направление ветра (по картам атмосферного давления в январе и июле).

2. На миллиметровой бумаге (или в редакторе построения графиков на компьютере) построить два графика, совмещающие столбчатые диаграммы и ломаные линии следующих показателей (рис. 12.7, 12.8):

- годовой ход возможной и фактической солнечной радиации, радиационного баланса (цветные столбцы), облачности (ломаная);
- осадки (столбцы), температура воздуха, относительная влажность (цветные ломаные линии).

3. Составить письменную характеристику соответствующего климата, используя приведенный ниже план.

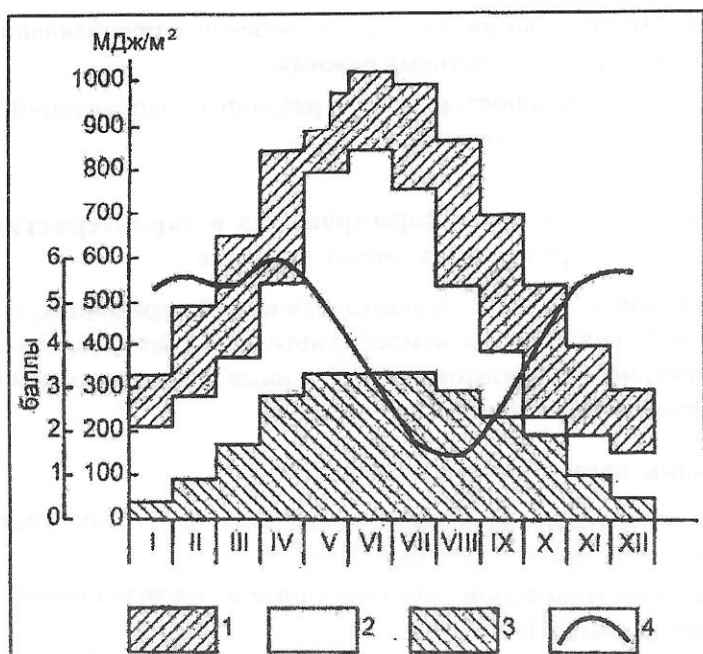


Рис. 12.7. Годовой ход возможной (1) и фактической (2) солнечной радиации, радиационного баланса (3) и облачности (4)

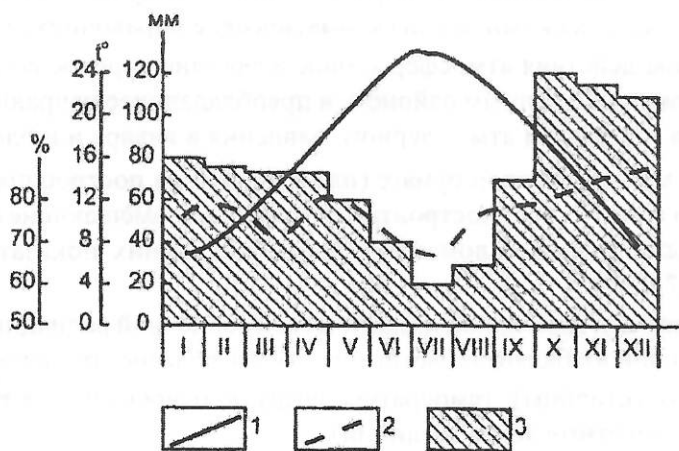


Рис. 12.8. Годовой ход температуры воздуха (1), относительной влажности (2) и осадков (3)

План описания климата

Экваториальный климат (континентальный)

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, преобладающий тип воздушной массы, положение ВЗК (внутритропической зоны конвергенции).

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить, почему максимумы в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 наблюдаются весной и осенью. Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца. Объяснить причину незначительных изменений в годовом ходе месячных величин суммарной солнечной радиации.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации в сумме за год. На основании *уравнения радиационного баланса* земной поверхности объяснить большие значения годовых сумм радиационного баланса для этого типа климата и его ровный годовой ход.

3. Температура воздуха. Выделить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Определить годовую амплитуду температуры. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить отсутствие сезонности в режиме температуры воздуха. На основании *уравнения теплового баланса* объяснить, почему при большой годовой величине радиационного баланса для этого типа климата наблюдается не самая высокая на Земле температура воздуха.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Объяснить причину отсутствия сухого сезона. Пояснить роль ВЗК в формировании осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков, и причину высокой относительной влажности в течение всего года.

6. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

Субэкваториальный климат (континентальный)

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, миграцию ВЗК и сезонную смену преобладающего типа воздушных масс.

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить летний максимум в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Указать причину резкого увеличения количества облачности летом. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца. Объяснить причину уменьшения фактической суммарной солнечной радиации в летние месяцы.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год.

3. Температура воздуха. Выделить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Определить годовую амплитуду температуры. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. На основании уравнения теплового баланса объяснить наличие двух максимумов и двух минимумов в годовом ходе температуры воздуха.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода (наличие сухого и дождливого сезонов) и годовую сумму атмосферных осадков. Отметить роль ВЗК в формировании осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков, и причину высокой относительной влажности летом.

6. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

*Тропический климат (континентальный,
западных и восточных побережий материков)*

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, преобладающий тип воздушной массы в течение года. Отметить, в каких барических системах на материках происходит формирование континентального тропического воздуха в отдельные сезоны.

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить летний максимум и зимний минимум в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

Для континентального тропического климата объяснить, почему при наибольшей на Земле годовой сумме суммарной солнечной радиации годовая величина радиационного баланса не максимальная на Земле.

Для климата западных и восточных побережий материков объяснить увеличение радиационного баланса по сравнению с внутриконтинентальными районами.

3. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Указать на связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха с радиационным балансом.

Для районов с континентальным тропическим климатом отметить определяющую роль радиационного баланса в формировании термического режима. На основании *уравнения теплового баланса* объяснить, почему в районах с континентальным тропическим климатом наблюдается самая высокая температура на Земле.

Для районов с тропическим типом климата западных и восточных побережий материков отметить роль воздушных и океанических течений в формировании особенностей термического режима. Объяснить более низкую по сравнению с континентальным типом климата температуру воздуха летних месяцев и уменьшение годовой амплитуды температуры воздуха.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Для районов с континентальным тропическим типом климата объяснить небольшие суммы осадков и связь с этим высоким положением уровня конденсации и удаленность от данной территории зон циклонической деятельности.

Для районов с тропическим типом климата западных побережий материков объяснить причину незначительных осадков при большой облачности. Указать преобладающие формы облаков и виды осадков, а также роль пассатной инверсии в образовании облачности.

Для районов с тропическим типом климата восточных побережий материков объяснить отсутствие сухого сезона, большую годовую сумму осадков и показать роль рельефа в образовании осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Объяснить причину низкой относительной влажнос-

ти в течение года в континентальном тропическом климате. Объяснить причину высокой относительной влажности воздуха в течение года в районах с тропическим климатом западных и восточных побережий материков.

6. Найти общие черты климата для районов с тропическим климатом западных побережий материков с континентальным тропическим климатом. В чем их отличие? В каком типе климата режим осадков и влажности воздуха подобен климату восточных побережий материков тропического пояса?

7. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

Субтропический климат (континентальный, западных и восточных побережий материков)

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, сезонную смену преобладающего типа воздушных масс в течение года; близость (удаленность) зон циклонической деятельности; какие воздушные массы могут распространяться в данный район.

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить наличие летнего максимума и зимнего минимума в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца.

Радиационный баланс. Определить максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить большие сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

3. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры воздуха весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Указать на связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха с радиационным балансом.

Для районов с континентальным субтропическим типом климата объяснить причину сравнительно низкой для данной широты средней температуры воздуха зимних месяцев и весьма высокой температуры воздуха летних месяцев.

Для районов с субтропическим климатом западных побережий материков объяснить причину сравнительно высокой для данной широты средней температуры воздуха зимних месяцев и неустойчивость термического режима.

Для районов с субтропическим климатом восточных побережий Азии объяснить причину низкой для данной широты средней температуры воздуха зимних месяцев, высокой температуры летних месяцев и большую годовую амплитуду температуры воздуха.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Объяснить частое выпадение осадков зимой в виде снега и отсутствие устойчивого снежного покрова на равнинной территории.

Для районов с континентальным субтропическим климатом объяснить причину незначительных осадков в течение года.

Для районов с субтропическим климатом западных побережий материков объяснить зимний максимум осадков.

Для районов с субтропическим климатом восточных побережий материков объяснить летний максимум осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода относительной влажности, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Для районов с континентальным субтропическим климатом указать причину понижения относительной влажности летом. Для районов с субтропическим

климатом восточных побережий материков указать причину повышения относительной влажности летом.

6. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

*Умеренный климат (континентальный,
западных и восточных побережий материков)*

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, преобладающий тип воздушной массы в течение года; близость (удаленность) зон циклонической деятельности; какие воздушные массы в процессе циклонической деятельности могут распространяться в данный район.

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить наличие летнего максимума и зимнего минимума в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить большие сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать время перехода величин радиационного баланса через 0. Указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

3. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры воздуха весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры возду-

ха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Объяснить связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха и радиационного баланса и время перехода тех и других величин через 0.

Для районов с умеренным климатом западных побережий материков объяснить причину сравнительно теплой зимы, а также, почему осень теплее весны.

Для районов с умеренным климатом восточных побережий материков объяснить причину очень холодной зимы, а также, почему осень теплее весны.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Для районов с континентальным умеренным климатом объяснить летний максимум осадков и причину установления зимой снежного покрова. Для районов с умеренным климатом западных побережий материков объяснить ровный годовой ход осадков с небольшим максимумом зимой и отсутствие устойчивого снежного покрова на равнинной территории при частом выпадении осадков в виде снега. Для районов с умеренным климатом восточных побережий материков объяснить причину незначительных осадков зимой и ярко выраженный летний максимум осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Для районов с умеренным континентальным климатом указать причину понижения относительной влажности весной. Для районов с умеренным климатом западных побережий материков указать причину ровного годового хода относительной влажности. Для районов с умеренным климатом восточных побережий материков указать причину повышения относительной влажности воздуха летом.

6. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

Субарктический климат (континентальный)

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, сезонную смену пре-

обладающего типа воздушных масс в течение года; близость (удаленность) зон циклонической деятельности; какие воздушные массы в процессе циклонической деятельности могут распространяться в данный район.

2. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить летний максимум и зимний минимум в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить большие сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать время перехода величин радиационного баланса через 0. Указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

3. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры воздуха весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Указать на связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха с радиационным балансом и временем перехода тех и других величин через 0. Объяснить причину продолжительной и суровой зимы и короткого теплого лета; большой повторяемости зимой приземных инверсий температуры и почему в этом климате наблюдается самая большая на земном шаре годовая амплитуда температуры воздуха.

4. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Объяснить причину летнего максимума осадков, сухости зимы и небольшой годовой суммы осадков.

5. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Объяснить, почему зимой, несмотря на сухость воздуха, часты туманы вблизи населенных пунктов.

6. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

Арктический климат

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы, обуславливающие преобладающий перенос воздушных течений над данным районом в январе и июле, преобладающий тип воздушной массы в течение года; близость (удаленность) зон циклонической деятельности; какие воздушные массы в процессе циклонической деятельности могут распространяться в данный район.

2. Охарактеризовать особенности подстилающей поверхности и роль ее в формировании данного климата.

3. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить летний максимум и зимний минимум в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Указать причину роста суммарной солнечной радиации с увеличением широты летом. Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Указать причину увеличения облачности летом. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца. Указать причину небольшой доли прямой солнечной радиации в суммарной.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить большие сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать время перехода величин радиационного баланса через 0. Объяснить, почему в течение большей части года радиационный баланс отрица-

тельный. Указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

4. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры воздуха весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Указать на связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха с радиационным балансом и временем перехода тех и других величин через 0. Объяснить, почему летом при положительном радиационном балансе температура воздуха поднимается лишь немного выше 0°C. Указать причину продолжительной зимы и короткого лета, незначительной суточной амплитуды температуры воздуха в течение года и причину большой повторяемости приземных инверсий температуры.

5. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму.

6. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Указать причину слабо выраженного годового хода относительной влажности и небольшое увеличение ее летом.

7. Указать районы распространения на земном шаре этого типа климата и соответствующего ему типа растительности.

Антарктический климат

1. Атмосферное давление. Назвать центры действия атмосферы над плато Антарктиды и зоной побережья в январе и июле, преобладающий тип воздушных масс в течение года; какие воздушные массы в процессе циклонической деятельности проникают на материк.

2. Охарактеризовать особенности подстилающей поверхности и роль ее в формировании данного климата.

3. Солнечная радиация. *Возможная и фактическая солнечная радиация.* Объяснить летний максимум и зимний минимум в годовом ходе возможной суммарной солнечной радиации Q_0 . Указать причину роста суммарной солнечной радиации с увеличением широты летом. Отметить зависимость фактической суммарной солнечной радиации Q_n от облачности. Указать причину увеличения облачности летом. Используя отношение Q_n/Q_0 оценить влияние облачности на приход суммарной солнечной радиации во все месяцы и в целом за год. Отметить соответствие годового хода фактической суммарной радиации и высоты Солнца. Объяснить, почему самые большие суточные и месячные суммы суммарной солнечной радиации на земном шаре наблюдаются в данном климате.

Радиационный баланс. Указать максимальную и минимальную месячные величины и сумму за год. Отметить соответствие годового хода радиационного баланса и суммарной солнечной радиации. Определить долю радиационного баланса от суммарной солнечной радиации в сумме за год. Объяснить большие сезонные различия в значениях радиационного баланса и указать время перехода величин радиационного баланса через 0. Указать причину быстрого изменения месячных сумм суммарной солнечной радиации и радиационного баланса весной и осенью.

4. Температура воздуха. Определить месяцы с наиболее высокой и наиболее низкой средней месячной температурой воздуха. Рассчитать годовую амплитуду температуры. Объяснить быстрое изменение (рост) температуры воздуха весной и ее резкое понижение осенью. Сопоставить годовой ход температуры воздуха и радиационного баланса. Объяснить ярко выраженную сезонность в режиме температуры воздуха. Указать на связь максимума и минимума в годовом ходе температуры воздуха с радиационным балансом. Объяснить причину продолжительной зимы и короткого лета, незначительной суточной амплитуды температуры воздуха в течение года и большой повторяемости приземных инверсий температуры.

5. Атмосферные осадки. Охарактеризовать особенности годового хода и годовую сумму. Объяснить малое количество осадков во внутренних районах и увеличение их на побережье.

6. Относительная влажность. Охарактеризовать особенности годового хода, используя годовой ход температуры воздуха и сумм осадков. Объяснить причину слабо выраженного годового хода относительной влажности воздуха и небольшое увеличение ее летом.

7. Указать причину стоковых ветров и особенности метеорологического режима антарктических оазисов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алисов Б. П.* Климат СССР. М., 1956.
- Атлас облаков. Л., 1978.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.3, ч.1, 2, 3. Л., 1969.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.2, ч.1. Л., 1985.
- Психрометрические таблицы. Л., 1981.
- Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под ред. А. И. Бедрицкого. СПб.; М., 2008. Т. 1, Т. 2, Т. 3.
- Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. 3-е изд. Л., 1973.
- Соколихина Н. Н., Суркова Г. В., Торопов П. А., Чубарова Н. Е.* Гидрометеорологические банки данных. Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2010. 188 с.
- Сорокина В. Н., Гущина Д. Ю.* Климатология. География климатов: Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2006. –104 с.
- Стернзат М. С.* Метеорологические приборы и измерения. Л., 1978.
- Хромов С. П., Мамонтова Л. И.* Метеорологический словарь. 3-е изд. Л., 1974.
- Хромов С. П., Петросяну М. А.* Метеорология и климатология. 6-е изд. М., 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Приведение показаний барометра в гектопаскалях
к температуре 0 °С

Температура, °С	Давление, гПа								
	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010
15,0	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5
15,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6
16,0	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
16,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7
17,0	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
17,5	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9
18,0	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0
18,5	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
19,0	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
19,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
20,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3
20,5	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
21,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
21,5	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5
22,0	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
22,5	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7
23,0	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
23,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9
24,0	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
24,5	3,7	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0
25,0	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1
25,5	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2
26,0	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3
26,5	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4
27,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4
27,5	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5
28,0	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6
28,5	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7
29,0	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8
29,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8
30,0	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9

Приложение 2

Приведение показаний барометра к нормальной
силе тяжести

Широта, град	Показания барометра, гПа								
	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010
70	1,85	1,87	1,88	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00
69	1,79	1,81	1,83	1,85	1,87	1,89	1,90	1,92	1,94
68	1,73	1,75	1,77	1,79	1,81	1,82	1,84	1,86	1,88
67	7,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,78	1,80	1,82
66	1,61	1,63	1,65	1,66	1,68	1,70	1,72	1,73	1,75
65	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,63	1,65	1,67	1,68
64	1,48	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61
63	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54
62	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46
61	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39
60	1,20	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31
59	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23
58	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15
57	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06
56	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
55	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
54	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81
53	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72
52	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63
51	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54
50	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46
49	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36
48	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27
47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
46	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Продолжение Приложения 2

Поправка на высоту над уровнем моря

Высо- та, м	Показания барометра, гПа										
	820	840	860	880	900	920	940	960	980	1000	1020
100	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
200	-	-	-	-	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
300	-	-	-	-	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
400	-	-	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
500	-	-	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10
600	-	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	-
700	-	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	-
800	-	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	-
900	-	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	-	-	-
1000	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	-	-	-

Приложение 3

Изменение давления на 1 м высоты

Тем- пера- тура возду- ха, °С	Давление, гПа							
	930	940	950	960	970	980	990	1000
30	0,1045	0,1057	0,1069	0,1080	0,1091	0,1104	0,1115	0,1127
28	0,1052	0,1064	0,1076	0,1087	0,1099	0,1111	0,1122	0,1134
26	0,1060	0,1072	0,1084	0,1095	0,1107	0,1119	0,1130	0,1142
24	0,1068	0,1080	0,1092	0,1103	0,1115	0,1127	0,1137	0,1150
22	0,1076	0,1088	0,1100	0,1111	0,1123	0,1135	0,1146	0,1158
20	0,1084	0,1096	0,1108	0,1119	0,1131	0,1143	0,1154	0,1166
18	0,1092	0,1104	0,1115	0,1127	0,1139	0,1150	0,1162	0,1174
16	0,1099	0,1111	0,1123	0,1135	0,1146	0,1158	0,1170	0,1182
14	0,1107	0,1119	0,1130	0,1142	0,1154	0,1166	0,1178	0,1190
12	0,1115	0,1127	0,1139	0,1151	0,1163	0,1175	0,1187	0,1199
10	0,1122	0,1134	0,1147	0,1159	0,1171	0,1183	0,1195	0,1207
8	0,1131	0,1143	0,1155	0,1167	0,1180	0,1192	0,1204	0,1216
6	0,1138	0,1150	0,1163	0,1175	0,1187	0,1200	0,1212	0,1224
4	0,1147	0,1159	0,1171	0,1184	0,1196	0,1208	0,1220	0,1233
2	0,1155	0,1167	0,1180	0,1192	0,1205	0,1217	0,1230	0,1242
0	0,1163	0,1176	0,1188	0,1201	0,1213	0,1226	0,1238	0,1251
-2	0,1173	0,1185	0,1198	0,1210	0,1223	0,1236	0,1248	0,1261
-4	0,1181	0,1194	0,1206	0,1219	0,1232	0,1245	0,1257	0,1270
-6	0,1190	0,1203	0,1216	0,1229	0,1242	0,1254	0,1267	0,1280
-8	0,1199	0,1212	0,1224	0,1237	0,1250	0,1263	0,1276	0,1289
-10	0,1208	0,1221	0,1234	0,1247	0,1260	0,1273	0,1286	0,1299
-12	0,1217	0,1230	0,1244	0,1257	0,1270	0,1283	0,1296	0,1309
-14	0,1227	0,1240	0,1253	0,1266	0,1279	0,1293	0,1306	0,1319
-16	0,1237	0,1250	0,1264	0,1277	0,1290	0,1303	0,1317	0,1330
-18	0,1246	0,1260	0,1273	0,1286	0,1300	0,1313	0,1327	0,1340
-20	0,1256	0,1270	0,1288	0,1297	0,1310	0,1323	0,1337	0,1351
-22	0,1265	0,1279	0,1297	0,1306	0,1319	0,1333	0,1346	0,1360
-24	0,1275	0,1289	0,1307	0,1316	0,1329	0,1343	0,1356	0,1370
-26	0,1285	0,1299	0,1317	0,1326	0,1339	0,1353	0,1366	0,1380
-28	0,1295	0,1309	0,1327	0,1336	0,1349	0,1363	0,1376	0,1390
-30	0,1305	0,1319	0,1337	0,1346	0,1359	0,1373	0,1386	0,1400

Вычисление времени восхода и захода Солнца (ч, мин)

Месяц	число	Восход, ч. мин.	Заход, ч. мин.	Широта, град.					
				50	52	54	56	68	60
Январь	1	8.27	15.33	-33	-23	-12	0	+14	+31
	14	8.17	15.43	-30	-21	-11	0	+13	+28
	21	8.02	15.58	-26	-19	-10	0	+11	+24
	31	7.43	16.17	-22	-16	-8	0	+9	+20
Февраль	10	7.22	16.38	-17	-12	-7	0	+7	+15
	20	7.00	17.00	-13	-9	-5	0	+5	+11
Март	2	6.37	17.23	-8	-6	-3	0	+3	+7
	12	6.13	17.47	-3	-2	-10	0	+1	+3
	22	5.50	18.10	+1	+1	0	0	0	-1
Апрель	1	5.27	18.33	+6	+4	+2	0	-2	-5
	11	5.04	18.56	+10	+7	+4	0	-4	-9
	21	4.41	19.19	+15	+11	+6	0	-6	-14
Май	1	4.19	19.41	+20	+14	+7	0	-8	-18
	11	3.58	20.02	+25	+17	+9	0	-11	-23
	21	3.40	20.20	+29	+21	+11	0	-13	-28
	31	3.24	20.36	+33	+24	+13	0	-15	-32
Июнь	11	3.15	20.45	+36	+26	+14	0	-16	-36
	20	3.11	20.49	+38	+27	+14	0	-17	-38
	30	3.13	20.47	+37	+26	+14	0	-16	-37
Июль	10	3.21	20.39	+35	+24	+13	0	-15	-34
	20	3.35	20.25	+31	+22	+12	0	-13	-29
	30	3.52	20.08	+27	+19	+10	0	-11	-25
Август	9	4.12	19.48	+22	+15	+8	0	-9	-20
	19	4.34	19.26	+17	+12	+6	0	-7	-15
	29	4.56	19.04	+12	+9	+5	0	-5	-11
Сентябрь	8	5.18	18.42	+8	+6	+3	0	-3	-7
	18	5.41	18.19	+3	+2	+10	0	-1	-3
	28	6.05	17.55	-1	-1	0	0	+1	+1
Октябрь	8	6.28	17.32	-6	-4	-2	0	+2	+5
	18	6.51	17.09	-10	-7	-4	0	+4	+9
	28	7.14	16.46	-15	-10	-5	0	+6	+13
Ноябрь	7	7.34	16.26	-20	-14	-7	0	+8	+18
	17	7.54	16.06	-24	-17	-9	0	+9	+22
	27	8.11	15.49	-28	-20	-11	0	+12	+26
Декабрь	7	8.23	15.23	-32	-22	-12	0	+14	+30
	17	8.30	15.30	-34	-24	-13	0	+15	+32
	27	8.30	15.30	-34	-24	-13	0	+15	+32

Примечание. Данные о восходе и заходе Солнца относятся к широте 56°, цифры, стоящие в графах для других широт представляют собой поправки, которые надо алгебраически прибавить ко времени восхода Солнца и отнять от времени захода Солнца.

Уравнение времени Δt (мин)
Среднее время больше истинного на Δt

Число года		Месяцы											
про- сто- го	висо- кос- ного	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	+3	+14	+13	+4	-3	-2	+4	+6	0	-10	-16	-11
2	3	+4	+14	+12	+4	3	-2	+4	+6	0	-10	-16	-11
3	4	+4	+14	+12	+3	3	-2	+4	+6	-1	-11	-16	-10
4	5	+5	+14	+12	+3	3	-2	+4	+6	-1	-11	-16	-10
5	6	+5	+14	+12	+3	3	-2	+4	+6	-1	-11	-16	-10
6	7	+6	+14	+12	+3	-3	-1	+5	+6	-2	-12	-16	-9
7	8	+6	+14	+11	+2	3	-1	+5	+6	-2	-12	-16	-9
8	9	+7	+14	+11	+2	4	-1	+5	+6	-2	-12	-16	-8
9	10	+7	+14	+11	+2	4	-1	+5	+6	-3	-13	-16	-8
10	11	+7	+14	+11	+1	4	-1	+5	+5	-3	-13	-16	-7
11	12	+8	+14	+10	+1	-4	-1	+5	+5	-3	-13	-16	-7
12	13	+8	+14	+10	+1	4	0	+5	+5	-4	-13	-16	-7
13	14	+9	+14	+10	+1	4	0	+6	+5	-4	-14	-16	-6
14	15	+9	+14	+9	0	4	0	+6	+5	-4	-14	-16	-5
15	16	+9	+14	+9	0	4	0	+6	+5	-5	-14	-15	-5
16	17	+10	+14	+9	0	-4	0	+6	+4	-5	-14	-15	-5
17	18	+10	+14	+9	0	4	+1	+6	+4	-5	-15	-15	-4
18	19	+10	+14	+8	-1	4	+1	+6	+4	-6	-15	-15	-4
19	20	+11	+14	+8	-1	4	+1	+6	+4	-6	-15	-15	-3
20	21	+11	+14	+8	-1	4	+1	+6	+3	-6	-15	-14	-3
21	22	+11	+14	+7	-1	-4	+2	+6	+3	-7	-15	-14	-2
22	23	+12	+14	+7	-1	3	+2	+6	+3	-7	-15	-14	-2
23	24	+12	+14	+7	-2	3	+2	+6	+3	-7	-16	-14	-1
24	25	+12	+13	+7	-2	3	+2	+6	+2	-8	-16	-13	-1
25	26	+12	+13	+6	-2	3	+2	+6	+2	-8	-16	-13	0
26	27	+13	+13	+6	-2	-3	+3	+6	+2	-9	-16	-13	0
27	28	+13	+13	+6	-2	3	+3	+6	+2	-9	-16	-13	+1
28	29	+13	+13	+5	-2	3	+3	+6	+1	-9	-16	-12	+1
29	30	+13		+5	-3	3	+3	+6	+1	-10	-16	-12	+2
30	31	+13		+5	-3	3	+3	+6	+1	-10	-16	-12	+2
31	1	+14		+4		-3		+6	0		-16		+3

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. ОРГАНИЗАЦИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В РОССИИ	4
II. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВРЕМЕНИ	7
Перевод среднего солнечного времени в летнее декретное и обратно	9
Задачи	10
III. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ	12
Ртутные барометры	13
Приведение давления к уровню моря	16
Барометр-анероид	16
Барограф	19
ЗАДАНИЕ 3.1. Определение атмосферного давления по чашечному ртутному барометру	21
ЗАДАНИЕ 3.2. Определение превышения двадцатого этажа над первым в секторе «А» главного здания МГУ барометром- анероидом	23
IV. РАДИАЦИЯ	26
Актинометрические измерения	28
Абсолютные приборы	29
Компенсационный пиргелиометр Ангстрема	29
Относительные приборы	30
Прямая радиация	32
Термоэлектрический актинометр Савинова–Янишевского	32
Гелиостат	34
Суммарная и рассеянная радиация	34
Термоэлектрический пиранометр Янишевского	34
Отраженная радиация	36
Термоэлектрический альбедометр	36
Радиационный баланс	38
Термоэлектрический балансомер	38
Электроизмерительные приборы	40
Стрелочный гальванометр ГСА-1	40
Цифровой мультиметр Mastech MY65	41
Солнечное сияние	44
Гелиограф	44

ЗАДАНИЕ 4.1. Измерение прямой солнечной радиации термоэлектрическим актинометром	45
ЗАДАНИЕ 4.2. Измерение суммарной и рассеянной солнечной радиации термоэлектрическим пиранометром	47
ЗАДАНИЕ 4.3. Определение радиационного баланса балансомером Янишевского	49
V. ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ, ВОДЫ И ВОЗДУХА	51
Термометры для измерения температуры почвы	53
Термометры для измерения температуры воздуха	59
Психрометрическая будка	61
Термографы	62
ЗАДАНИЕ 5.1. Знакомство с термометрами различного вида	63
ЗАДАНИЕ 5.2. Знакомство с устройством термографа	66
ЗАДАНИЕ 5.3. Обработка термограммы	67
VI. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА	70
Основные характеристики влажности воздуха и методы их измерения	70
Психрометрический метод	71
Станционный психрометр	72
Аспирационный психрометр Ассмана	75
Аспирационный психрометр с электромотором	78
Определение влажности воздуха гигрометрами	78
Волосной гигрометр	78
Пленочный гигрометр	79
Гигрографы	81
ЗАДАНИЕ 6.1. Знакомство с психрометрическими таблицами	83
ЗАДАНИЕ 6.2. Определение характеристик влажности станционным психрометром	84
ЗАДАНИЕ 6.3. Определение характеристик влажности аспираторным психрометром	86
ЗАДАНИЕ 6.4. Знакомство с гигрометрами	87
ЗАДАНИЕ 6.5. Знакомство с устройством и регулировкой гигрографов	88
VII. ОБЛАЧНОСТЬ	90
Классификация облаков	90
Определение количества облаков	97
Определение и запись форм облаков	98
Определение высоты облаков	99

ЗАДАНИЕ 7.1. Знакомство с классификацией облаков и производством наблюдений над облачностью	99
VIII. ОСАДКИ И ДРУГИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	101
Измерение осадков, выпадающих из облаков	101
Осадкомер Третьякова	102
Плювиографы	103
Осадки, образующиеся на поверхности земли и на предметах	105
Условные знаки атмосферных явлений	106
ЗАДАНИЕ 8.1. Измерение количества осадков по осадкомеру Третьякова	108
ЗАДАНИЕ 8.2. Знакомство с устройством плювиографа	110
IX. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ	111
Снегомерные рейки	112
Весовой снегомер	112
ЗАДАНИЕ 9.1. Измерение высоты и плотности снежного покрова	115
X. ВЕТЕР	117
Ручной чашечный анемометр	118
Флюгер	120
Анеморумбометры и самописцы ветра	122
Шар-пилот	124
ЗАДАНИЕ 10.1. Измерение направления и скорости ветра по флюгеру Вильда	124
ЗАДАНИЕ 10.2. Измерение скорости ветра анемометром	125
XI. ПРИЗЕМНЫЕ КАРТЫ ПОГОДЫ	127
Техника составления приземных карт погоды	127
Первичная обработка приземных карт погоды	131
Гидрометеорологическая информационная система ГИС МЕТЕО	134
ЗАДАНИЕ 11.1. Составление и анализ приземных карт погоды	137
XII. ЗНАКОМСТВО С ОСНОВНЫМИ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ	139
Климатические справочники	140
Основные климатические показатели	142
Климатические карты и атласы	149
Специальные ежегодники, климатические справочники и атласы	154

ЗАДАНИЕ 12.1. Знакомство с основными климатологическими материалами	155
ЗАДАНИЕ 12.2. Условия формирования и характеристика различных типов климата	157
План описания климата	159
<i>Экваториальный климат (континентальный)</i>	159
<i>Субэкваториальный климат (континентальный)</i>	160
<i>Тропический климат (континентальный, западных и восточных побережий материков)</i>	161
<i>Субтропический климат (континентальный, западных и восточных побережий материков)</i>	163
<i>Умеренный климат (континентальный, западных и восточных побережий материков)</i>	165
<i>Субарктический климат (континентальный)</i>	166
<i>Арктический климат</i>	168
<i>Антарктический климат</i>	169
ЛИТЕРАТУРА	171
ПРИЛОЖЕНИЯ	172

Учебное издание

**Валентина Николаевна Сорокина,
Галина Вячеславовна Суркова**

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КЛИМАТОЛОГИИ И МЕТЕОРОЛОГИИ

Редактор В. А. Стряпчий
Верстка Т. Г. Левчич
Корректор Л. С. Горюнова

Подписано в печать 10. 02. 2012. Формат 60x90/16. Печать РИЗО.
Усл. печ. л. 11,25. Тираж 300 экз. Заказ № 1047.
Отпечатано в Полиграфическом отделе географического факультета.
119991, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет.