

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологии, экологии и охраны окружающей среды

*А.О. Подрезов, О.М. Стрижанцева, Н.С. Ким*

# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Часть 1

**Методы и средства  
метеорологических наблюдений**



Издательство Кыргызско-Российского  
Славянского университета

Бишкек – 2004

П 44

**Подрезов А.О., Стрижанцева О.М., Ким Н.С.**

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ. Часть 1. Методы и средства метеорологических наблюдений / Под ред. О.А. Подрезова. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004. – 200 с.

Приведены описания работ, связанных с выполнением и анализом стандартных метеорологических, актинометрических, градиентных и теплобалансовых наблюдений, которые сопровождаются примерами записи и обработки результатов наблюдений. Даны контрольные вопросы для проверки усвоения материала.

Для студентов-метеорологов, а также для преподавателей, инженеров, аспирантов и научных работников, специализирующихся в области метеорологии.

Под редакцией докт. геогр. наук, проф. О.А. Подрезова

Рецензент: докт. физ.-мат. наук, проф. Б.Б. Чен

Печатается по решению Научно-технического совета  
и РИСО КРСУ

© КРСУ, 2004

## СОДЕРЖАНИЕ

### Стандартные виды метеорологических наблюдений

1. Метеорологическая площадка. Программа и сроки наблюдений .....	5
2. Измерение атмосферного давления .....	12
3. Измерение температуры воздуха .....	21
4. Измерение влажности воздуха и испарения .....	28
5. Измерение характеристик ветра .....	39
6. Измерение температуры на поверхности почвы и на различных глубинах .....	49
7. Наблюдения за облачностью .....	57
8. Наблюдения за атмосферными явлениями .....	66
9. Измерение атмосферных осадков .....	77
10. Наблюдения за снежным покровом .....	84
11. Наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями .....	95
12. Измерение метеорологической дальности видимости .....	105
13. Определение продолжительности солнечного сияния .....	115

### Теплобалансовые и актинометрические наблюдения

14. Основные сведения о производстве теплобалансовых и актинометрических измерений на станциях I разряда .....	122
15. Измерение прямой солнечной радиации и исследование характеристик прозрачности атмосферы .....	128
16. Измерение рассеянной, суммарной и отраженной солнечной радиации, альbedo, сравнение альbedo различных поверхностей .....	138
17. Измерение радиационного баланса деятельного слоя, сравнение радиационного баланса различных участков подстилающей поверхности .....	146
18. Общее исследование радиационного режима деятельного слоя .....	152
19. Проверка актинометрических приборов .....	155
20. Исследование теплового режима почвы .....	161
21. Градиентные наблюдения на двух уровнях и исследование турбулентности и элементов теплового баланса деятельного слоя .....	164

### Приложения 1–22

1. Пример записи данных метеорологических наблюдений в книжке КМ-1 .....	171
2. Таблица поправок для перехода к виртуальной температуре воздуха .....	173
3. Пример записи результатов измерений температуры почвы на глубинах в книжке КМ-3 .....	174
4. Поправка $\Delta t$ (в минутах) к среднему солнечному времени (или уравнение времени) .....	175
5. Склонение солнца $\delta_{\odot}$ .....	176
6. Пример записи и обработки наблюдений по актинометру .....	177
7. Поправки $\Delta(p)$ для приведения интенсивности солнечной радиации к среднему расстоянию между Землей и Солнцем ( $\text{кВт/м}^2$ ) .....	178
8. Сокращенная таблица для приведения $S_p$ ( $\text{кВт/м}^2$ ) к $h_{\odot}=30^{\circ}$ .....	179
9. Коэффициент прозрачности атмосферы $P$ при различных $S_{p,30}$ .....	181
10. Фактор мутности $T$ при различных $S_{p,30}$ .....	181
11. Пример записи и обработки наблюдений в работе № 16 .....	182
12. Пример записи и обработки наблюдений при исследовании альbedo различных поверхностей .....	183
13. Пример записи и обработки наблюдений в работе № 17 .....	184
14. Пример записи и обработки наблюдений в работе № 18 .....	185
15. Запись результатов поверки актинометра .....	186
16. Запись результатов поверки пиранометра на горизонтальную поверхность .....	187
17. Запись результатов поверки балансомера на горизонтальную поверхность .....	188
18. Произведения $r_i \Delta t_i$ при разных $\Delta t_i$ от 0,1 до 10,0°C .....	190
19. Таблицы для расчета потока тепла в почве и коэффициента температуропроводности .....	192
20. Турбулентный теплообмен деятельного слоя с атмосферой $L$ , $\text{кВт/м}^2$ .....	193
21. Затрата тепла на испарение $V$ , $\text{кВт/м}^2$ .....	195
22. Пример записи и обработки наблюдений в работе № 13 .....	197
<b>Литература</b> .....	198

## СТАНДАРТНЫЕ ВИДЫ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

---

### 1. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДКА. ПРОГРАММА И СРОКИ НАБЛЮДЕНИЙ

#### 1.1. Единство метеорологических наблюдений

Основными первичными ячейками измерительно-информационной гидрометеорологической системы являются гидрометеорологические станции (ГМС). Они формируют и распространяют первичную информацию о состоянии погоды по многим гидрометеорологическим характеристикам. На сети ГМС производятся систематические наблюдения за метеорологическими явлениями и измерения основных величин различных физических процессов в атмосфере. Эти виды работ объединяются в понятие *метеорологические наблюдения*.

Поскольку результаты наблюдений должны быть сравнимы между собой и объективно использоваться на практике, они должны обладать единством качества. Единство качества метеорологических наблюдений достигается единством средств и методов производства наблюдений.

*Единство средств метеорологических наблюдений* достигается тем, что используемое оборудование должно отвечать требованиями ГОСТов на их производство и эксплуатацию. Все приборы периодически поверяются в бюро поверки (или на станциях), т.е. сравниваются с эталонными (образцовыми) приборами, показания которых принимаются за истинные. Результаты такого сравнения оформляются в виде справочных свидетельств-сертификатов, которые устанавливают годность прибора к работе и содержат значения поправок, которые надо вводить к показаниям приборов (отсчетам).

*Единство методов измерений* обеспечивается проведением их по единой методике, изложенной в Наставлении ГМС, положения которого являются обязательными при производстве всех наблюдений.

Очень важен вопрос о времени наблюдений. Для задач климатологии выполнение наблюдений желательно производить в различных пунктах при одинаковом положении Солнца относительно плос-

кости местного меридиана, т.е. в единое местное время. Для целей прогноза погоды целесообразно проводить наблюдения в физически единые моменты времени (синхронные наблюдения). Число измерений в течение суток должно быть также достаточным для представления о том, как меняются метеорологические величины в суточном ходе.

В настоящее время метеорологические наблюдения на всей территории Земли производятся в физически единые моменты по *среднему гринвичскому времени (СГВ)*. Эти моменты времени называются *сроками* метеорологических наблюдений.

#### 1.2. Устройство метеорологической площадки

ГМС могут различаться по своим конкретным задачам, назначению, техническому оснащению, но каждая из них должна освещать метеорологическую обстановку района своего расположения. Каждая ГМС имеет метеорологическую площадку, которая служит для установки приборов и оборудования, необходимых при производстве метеорологических наблюдений в приземном слое атмосферы.

Метеорологическая площадка выбирается на участке, характерном (типичном) для окружающей местности и не отличающимся от окружающей территории какими-либо особенностями тепло- и влагообмена подстилающей поверхности с атмосферой.

Характерность метеорологической площадки обеспечивается тем, что она располагается на преобладающих формах рельефа, наблюдающихся в районе, и удалена от источников влаги (море, озеро, река, водохранилище) на расстояние не менее 100 м. Метеорологическая площадка должна быть удалена от невысоких отдельных препятствий (одноэтажных построек, отдельных деревьев и т.п.) на расстояние не меньше 10-кратной высоты этих препятствий. От значительных по протяженности препятствий (лесов, больших групп построек, городских улиц и т.п.) площадка должна быть удалена на расстояние не меньше 20-кратной высоты этих препятствий. Нельзя размещать метеорологическую площадку вблизи глубоких оврагов, обрывов и других резких изломов рельефа.

Характерность метеорологической площадки должна сохраняться на протяжении всего периода работы станции. Поэтому на территории станции и в ее охранной зоне запрещается производить работы, которые могут привести к искажению условий местоположения площадки. Метеорологическая площадка станции должна иметь форму квадрата (со стороной 26 м), одна сторона которого ориентирована в направлении север – юг.

На ГМС с неполной программой наблюдений (без наблюдений за температурой почвы на глубинах под естественным покровом)

разрешается уменьшение площадки до размеров 20х16 м. При размещении на метеорологической площадке приборов и установок, не предусмотренных планом работ ГМС, размеры площадки должны быть увеличены в соответствии с требованиями к этим установкам и требованиями об исключении влияния этих установок на результаты измерений основных метеорологических элементов.

Метеорологические приборы и оборудование на площадке должны быть размещены в соответствии с планом (рис. 1.1).

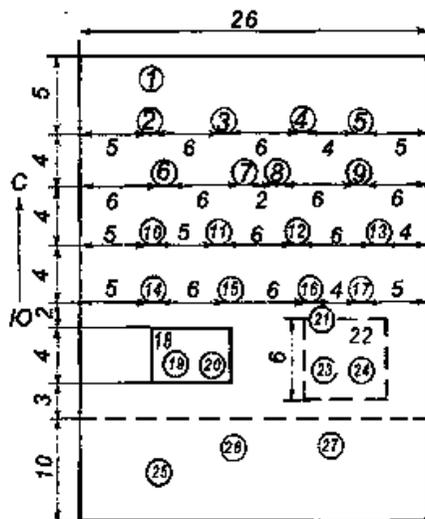


Рис.1.1. План размещения оборудования и приборов на МП:

1 – геодезический репер ГМС; 2 – флюгер с легкой доской; 3 – датчик анеморумбометра; 4 – флюгер с тяжелой доской; 5 – гололедный станок; 6 – будка психрометрическая; 7 – снегомерная рейка; 8 – будка психрометрическая запасная; 9 – будка для самописцев; 10 – прибор для измерения МДВ; 11 – осадкомер; 12 – пювниограф; 13 – запасной столб осадкомера; 14 – снегомерная рейка; 15 – гелиограф; 16 – ледоскоп; 17 – россограф; 18 – оголенный участок для установки напочвенных (19) и коленчатых термометров Савинова (20); 21 – снегомерная рейка; 22 – участок с естественным растительным покровом для установки почвенно-глубинных термометров (23) и мерзлотомера (24); 25, 26 – градиентные стойки; 27 – актинометрическая установка.

Мачты с анеморумбометром и флюгерами, а также гололедный станок устанавливаются в северной части площадки; психрометрическая будка и будка для самописцев, а также осадкомер и пювниограф размещаются в середине площадки; южная часть площадки отводится для наблюдений за температурой почвы.

Для производства актинометрических и теплосбалансовых наблюдений площадка дополнительно увеличивается к югу, причем актинометрические и градиентные установки располагаются севернее почвенных установок. Установки для других видов наблюдений (загрязнения атмосферы и др.) могут располагаться к западу и востоку от площадки.

Для сохранения поверхности метеорологической площадки в естественном состоянии на площадке прокладываются специальные дорожки, которые должны обеспечивать подход к психрометрическим будкам и будке для самописцев, а также к почвенным термометрам с северной стороны, к гелиографу – с юга. Ширина дорожек должна быть не менее 0,4 м. Рекомендуется покрывать дорожки укатанным песком или мелким щебнем. Запрещаются асфальтовые и бетонные покрытия дорожек.

Метеорологическая площадка должна быть огорожена для сохранения ее естественной поверхности, а также для сохранности установленного на ней оборудования. Ограда должна обеспечивать хорошую естественную вентиляцию любого места на площадке, а зимой не способствовать образованию сугробов. Калитка для прохода на метеорологическую площадку устанавливается с северной стороны ограды и должна запирается. Метеорологическая площадка должна быть оборудована стационарным освещением от сети или других источников энергии с напряжением не более 36 В постоянного или переменного тока. При отсутствии постоянного электрического освещения необходимо пользоваться надежным переносным электрическим фонарем.

Метеорологическая площадка должна располагаться по возможности недалеко от служебного помещения станции (не далее 150 м) и быть под постоянным контролем дежурных наблюдателей. На ней должна сохраняться естественная подстилающая поверхность, характерная для окружающей станцию территории. Для этого:

- траву следует регулярно скашивать так, чтобы высота травы не превышала 20 см; скошенная трава должна немедленно убираться с площадки;

- снежный покров следует оставлять в естественном состоянии с момента его образования до окончательного таяния. Если на метеорологической площадке образуются сугробы, которые резко изменяют высоту снежного покрова около приборов по сравнению с окружающей местностью, то эти сугробы следует срезать и убирать с площадки. При этом надо по возможности меньше нарушать структуру оставшегося слоя снега (меньше утаптывать снег, не перемешивать его). При равномерном залегании снежного покрова на метеорологической площадке расчищать дорожки от снега не следует. С крыш и со

стенок будок, а также с планок осадкомера снег необходимо удалять до наблюдений, во время предварительного обхода площадки.

Приборы и оборудование, установленные на метеорологической площадке, должны поддерживаться в исправном рабочем состоянии. Ограда площадки, будки, лесенки, подставки приборов должны содержаться в чистом виде и своевременно окрашиваться белой краской. Изношенное и неиспользуемое оборудование должно убираться.

### 1.3. Сроки производства метеорологических наблюдений

Метеорологические наблюдения на всех ГМС производятся по СГВ, принятому за международное. Кыргызстан находится в 5-том часовом поясе, поэтому поясное декретное (зимнее) время здесь отличается на 5 часов от гринвичского. Сроки наблюдений, записи начала и окончания атмосферных явлений в книжках, таблицах и других материалах наблюдений указываются по СГВ. Исключение составляют наблюдения за продолжительностью солнечного сияния, которые выполняются по истинному солнечному времени.

Станции, не входящие в основную сеть ГМС, производят наблюдения в сроки, устанавливаемые Национальными управлениями по гидрометеорологии; в эти сроки обязательно включаются сроки, ближайшие к 8 и 20 ч поясного декретного (зимнего) времени. Под сроком наблюдений понимается интервал времени продолжительностью 10 мин, заканчивающийся точно в указанный час. Так, под сроком 6 ч понимается интервал времени от 5 ч 50 мин до 6 ч 00 мин.

При записи сроков наблюдений в книжках, таблицах и других материалах наблюдений за конец суток принимается срок, ближайший к 20 ч поясного декретного (зимнего) времени. С момента окончания этого срока начинаются новые сутки.

Для обеспечения потребителей (радио, телевидение, различные народнохозяйственные организации) метеорологической информацией используется декретное время данного часового пояса (зимой — зимнее, летом — летнее). Исключение составляет обеспечение авиации, железнодорожного транспорта и некоторых других организаций, которое производится по СГВ.

### 1.4. Программа наблюдений

Порядок производства наблюдений на конкретной станции составляется на основании типового порядка и в соответствии с плановым заданием по производству метеорологических наблюдений, техническим оснащением станции. Типовой порядок производства наблюдений на станции по полной программе приведен в табл. 1.1.

Типовой порядок производства наблюдений

Среднее гринвичское время		Метеорологическая характеристика	Выполняемая работа
часы	минуты		
23,2,5,8,11,14,17,20	30		Обход метеорологической площадки. Проверка исправности приборов и установок. Подготовка приборов к измерениям
23,2,5,8,11,14,17,20	40	Температура почвы	Отсчеты по термометрам на поверхности почвы, по колечатым термометрам Савинова и вытяжным почвенно-глубинным термометрам
Перед сроком, ближайшим к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени	42	Состояние подстилающей поверхности. Снежный покров	Визуальная оценка состояния подстилающей поверхности (почвы или снега) Оценка степени покрытия окрестности снегом, характера залегания снежного покрова, измерение высоты снега по постоянным рейкам
23,2,5,8,11,14,17,20	45	Облачность	Определение количества и форм облачности
23,2,5,8,11,14,17,20	46	Метеорологическая дальность видимости	Измерения по прибору М-53 или определение МДВ по объектам
23,2,5,8,11,14,17,20	48	Температура и влажность воздуха. Осадки	Отметка времени на диаграммных бланках термографа, гигрографа и пьювиографа
23,2,5,8,11,14,17,20	50	Температура и влажность воздуха	Отсчеты по термометрам и гигрометру в защитной жалюзийной будке
Перед сроком, ближайшим к 8 и 20 ч поясного декретного (зимнего) времени	52	Осадки	Смена сосудов осадкомера
23,2,5,8,11,14,17,20	53		Возвращение с метеорологической площадки в служебное помещение. Включение ИВО
23,2,5,8,11,14,17,20	55	Ветер	Измерение характеристик ветра по анеморумбометру
23,2,5,8,11,14,17,20	57	Осадки. Температура и влажность воздуха	Измерение количества осадков. Введение поправок к термометрам и вычисление характеристик влажности
23,2,5,8,11,14,17,20	58	Атмосферное давление	Отсчет по барометру; определение характеристики барометрической тенденции по барографу; обработка результатов наблюдений
23,2,5,8,11,14,17,20	59	Характеристика состояния погоды	Определение характеристики состояния погоды в срок и между сроками
0,3,6,9,12,15,18,21	00		Составление синоптической телеграммы и передача ее по каналам связи

Порядок производства наблюдений в единые синхронные сроки устанавливается в зависимости от программы наблюдений конкретной станции. При этом обязательно для всех без исключения станций должны соблюдаться следующие условия:

- за 30 мин до срока все приборы и установки должны быть осмотрены и подготовлены к наблюдениям;
- измерения температуры и влажности воздуха должны производиться точно за 10 мин до срока (23 ч 50 мин, 2 ч 50 мин и т.д.), измерение давления производится не ранее чем за 2 мин до срока;
- метки на бланках термографа и гигрографа должны быть сделаны до измерений температуры и влажности воздуха; время смены бланка должно указываться с точностью до минуты;
- если во время проведения наблюдений возникло опасное явление, необходимо прервать наблюдение, составить и передать штормовые телеграммы, после чего вновь провести наблюдения, предусмотренные программой станции; при возникновении опасного или особо опасного метеорологического явления между сроками наблюдений производятся дополнительные наблюдения, необходимые для определения степени опасности;
- если для измерения характеристик ветра используется флюгер, наблюдения по нему производятся перед отсчетами по приборам в психрометрической будке;
- запись и обработка результатов наблюдений в книжках для записи наблюдений осуществляются во время наблюдений и сразу после них;
- запрещается передача информации о состоянии погоды до окончания срока (10-минутного интервала перед сроком);
- наблюдения над гололедно-изморозевыми отложениями производятся в течение всего времени, пока отложение не разрушится;
- наблюдения за атмосферными явлениями и состоянием погоды ведутся на станциях непрерывно в течение суток;
- при наличии снежного покрова ежедневно производятся измерения высоты снежного покрова и определение характеристик его состояния (в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени), а также регулярно (один раз в 10 дней или один раз в 5 дней) снегосъемки на закрепленных маршрутах.

#### 1.4. Контрольные вопросы

1. Что понимают под метеорологическим сроком наблюдения?
2. Как достигается единство метеорологических наблюдений?

3. Чем достигается характерность метеорологической площадки?
4. В какие сроки производятся метеорологические наблюдения?
5. Каков порядок наблюдений в V часовом поясе?

## 2. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

### 2.1. Методы измерения

Атмосферным давлением в каждой точке атмосферы называется вес вышележащего столба воздуха с единичным сечением, простирающегося до внешних пределов атмосферы. Каждый слой испытывает давление вышележащих слоев и, в свою очередь, оказывает давление на нижележащие. Давление с высотой только убывает, на высоте 5000 м оно примерно в два раза меньше, чем на уровне моря.

Основное уравнение для расчета атмосферного давления следующее:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} \quad (2.1)$$

Полагая, что  $F=1Н$  – сила, действующая на площадь в  $1 м^2$ ;  $S=1 м^2$  – площадь единичного сечения, получаем 1 СИ (Р) = 1 Н/м<sup>2</sup> = 1 Па. Эта единица называется Паскалем. На практике используется единица в 100 раз большая – гектопаскаль (гПа).

Соотношение между гПа и ранее употреблявшимися единицами миллибар (мб) и миллиметр ртутного столба (мм), а также единицей давления в системе СГС (дин/см<sup>2</sup>) следующее:

$$1 \text{ гПа} = 10^2 \text{ Па} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт.ст.} = 10^3 \text{ дин/см}^2$$

$$1 \text{ мм рт.ст.} = 1,333224 \text{ мб} = 1,333224 \text{ гПа.}$$

На метеорологических станциях определяют следующие характеристики атмосферного давления:

- давление на уровне станции измеряется стационарным барометром;
- давление, приведенное к уровню моря (для станций, расположенных на высоте до 1000 м), и высота изобарической поверхности, ближайшей к уровню станции (для станций, расположенных на высоте 500 м и более), вычисляются по измеренным значениям давления, температуры и влажности воздуха.
- значение и характеристика барометрической тенденции, т.е. изменение давления в заданный промежуток времени, снимается с диаграммной ленты барографа.

## 2.2. Основные приборы для измерения атмосферного давления

Для измерения характеристик атмосферного давления применяются приборы:

1. Барометр стационарный чашечный (СР-А и СР-Б) служит для измерения атмосферного давления на уровне станции и состоит из следующих основных частей (рис. 2.1):

- барометрической стеклянной трубки 6, запаянной с верхнего конца и заполненной под вакуумом очищенной ртутью;
- чашки 9, состоящей из трех свинчивающихся частей. Средняя часть чашки имеет диафрагму с отверстиями, которая предохраняет трубку от попадания в нее воздуха. Для сообщения барометра с наружным воздухом в крышке чашки имеется отверстие, закрываемое винтом 8;
- металлической оправы 4, на которой нанесена шкала в гПа или мб;
- в прорези оправы имеется подвижной индекс с нониусом 2, который перемещается с помощью кремальеры 5 и позволяет делать отсчеты с точностью до 0,1 гПа;

- на оправе укреплен термометр 7 (термометр-«атташе») для определения температуры барометра, а сверху на нее навинчивается колпачок с кольцом 1 для установки (подвешивания) барометра.

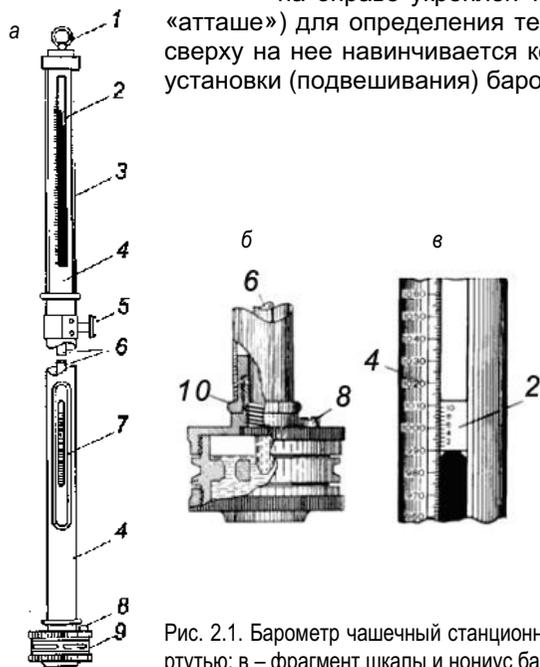


Рис. 2.1. Барометр чашечный стационарный: а – общий вид; б – чашка с ртутью; в – фрагмент шкалы и нониус барометра.

2. Барограф метеорологический М-22АН служит для определения барометрической тенденции и состоит из следующих основных частей (рис. 2.2):

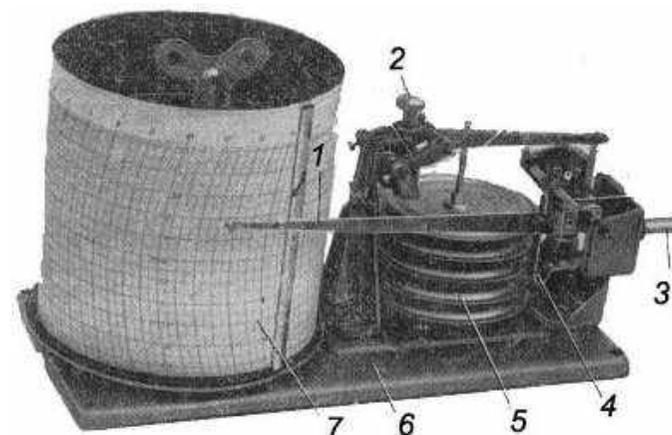


Рис. 2.2. Барограф метеорологический М-22АН.

- блока мембранных анероидных коробок, состоящего из пяти коробок 5, которые скреплены между собой винтовыми соединениями в вертикальный столбик, воздух из них выкачан, нижнее основание этого столбика неподвижно укреплено на пластинке температурного компенсатора, смонтированного на нижней стороне платы 6 прибора;
- верхняя коробка чувствительного элемента с помощью передаточного механизма соединена со стрелкой 1, на конце которой надето перо. При увеличении давления гофрированные коробки сжимаются, что вызывает перемещение свободного верхнего конца столбика и вместе с ним стрелки с пером вверх. При уменьшении давления гофрированные коробки расширяются и весь столбик удлиняется, что вызывает перемещение стрелки с пером вниз;
- перо производит запись на диаграммном бланке ЛМ-1М, надетом на барабан 7, позволяющим делать отсчет давления и момент времени. Барабан поворачивается вокруг вертикальной оси с помощью часового механизма за 26 часов (суточный) или 176 часов (недельный);
- установка пера стрелки на требуемое деление диаграммного бланка (перевод пера вверх или вниз) осуществляется поворотом установочного винта 2. Стрелка с пером отводится от барабана при помощи отвода стрелки 4;

- барограф помещен в пластмассовый корпус с откидной крышкой, отметки времени производятся нажатием кнопки 3, находящейся на стенке корпуса;

- диаграммный бланк разделен по вертикали горизонтальными параллельными линиями с ценой деления 2 гПа, а по горизонтали – вертикальными дугообразными линиями с ценой деления 2 часа. Цифры в верхней части бланка соответствуют часам суток.

3. Барометр-анероид М-67 служит для измерения атмосферного давления в полевых условиях. Принцип его действия основан на деформации металлических анероидных коробок под действием давления. Линейные изменения толщины коробок преобразуются передаточным рычажным механизмом в угловые перемещения стрелки барометра-анероида относительно шкалы. Шкала градуирована в паскалях. Цена одного деления 1 гПа. Для измерения температуры прибора в прорези шкалы прикреплен ртутный термометр, цена деления его шкалы 1°С. Рабочее положение барометра-анероида – горизонтальное. Футляр, в котором находится анероид, предохраняет его от резких колебаний температуры и открывается только во время измерений.

### 2.3. Порядок измерений по стационарному барометру и обработка результатов

Измерение атмосферного давления на уровне станции производится в единые синхронные сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч СГВ за 2 минуты до срочного часа.

Для производства измерений по *стационарному барометру* прибор устанавливают в помещении МС в барометрическом шкафчике, укрепленном на капитальной стене; температура воздуха в помещении станции должна быть от 15 до 20 °С; запрещается устанавливать барометр вблизи отопительных приборов, окон, дверей; винт для сообщения чашки барометра с атмосферой должен быть отвинчен на один–два оборота.

Перед производством измерений по стационарному барометру проверяют внешнее состояние барометра; устанавливают нормальную (выпуклую) форму мениска легким постукиванием по оправе барометра.

*Порядок измерения по стационарному барометру:*

- отсчитывают температуру по термометру при барометре с точностью до 0,1°С;

- вращением кремальеры поднимается кольцо с нониусом выше мениска ртути, затем нониус сверху вниз подводится до кажущегося соприкосновения его срезов с вершиной мениска ртути так, чтобы по обе стороны мениска были видны просветы. При подводке

нониуса глаз наблюдателя должен быть расположен так, чтобы передний и задний срезы кольца нониуса совпадали (рис. 2.3);

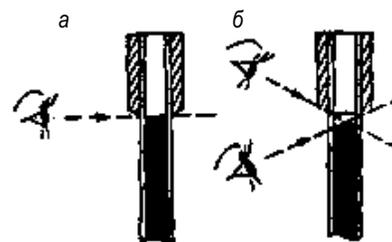


Рис. 2.3. Совместное положение глаза, нониуса и мениска ртути при отсчете по барометру: а – правильное; б – неправильное.

- производится отсчет по шкале барометра и нониусу с точностью до 0,1 единицы шкалы (целые и десятые доли гПа, мб, мм рт. ст.). Ближайшее к нижнему срезу нониуса деление шкалы показывает значение давления в целых единицах. Десятые доли определяются по *делению нониуса*, которое наиболее точно совпадает с одним из делений шкалы;

- после отсчета положение нониуса оставляется неизменным до следующего срока наблюдений, что позволяет каждый раз проверять результат предыдущего измерения;

- отсчеты по термометру при барометре и по шкале барометра записываются в соответствующие графы книжки КМ-1 сразу после измерений (Приложение 1).

*Порядок обработки результатов наблюдений:*

- в отсчеты термометра при барометре вводится сертификатная поправка;

- в измеренные значения атмосферного давления на уровне станции вводятся *постоянная поправка* и поправка на приведение показаний барометра к температуре 0°С (*температурная поправка*).

*Постоянная поправка* представляет собой сумму инструментальной поправки, которая дается в паспорте каждого барометра, и поправки на приведение показаний барометра к нормальной силе тяжести, зависящей от местоположения станции (географической широты и высоты над уровнем моря). Эти поправки рассчитываются по формулам:

$$\Delta P(\varphi) = -0,0026 \times \cos 2\varphi \times P \quad (2.2)$$

$$\Delta P(z) = -1,96 \times 10^{-7} \times Z \times P, \quad (2.3)$$

где  $\Delta P(\varphi)$  и  $\Delta P(z)$  – поправки (гПа) к отсчету барометра на широту места  $\varphi$  (°) и высоту барометра  $Z$ (м);  $P$  – отсчет по барометру, гПа;  $Z$  – высота чашки барометра над уровнем моря.

Постоянная поправка записывается в графу «Давление, отсчет по барометру» книжки КМ-1 для каждого срока рядом с отсчетом по барометру (Приложение 1).

*Температурная поправка* представляет собой погрешность, вызываемую влиянием температуры на показания прибора. При повышении (понижении) температуры ртуть расширяется (сжимается), плотность ее уменьшается или увеличивается, за счет чего меняется высота ртутного столба при неизменном давлении. Принято приводить высоту ртутного столба к температуре 0°С, которая и принимается за «нормальную». Таким образом, температурная поправка при положительных температурах будет иметь знак минус, а при отрицательных – плюс. Она определяется по формуле:

$$\Delta P = -1,634 \cdot 10^{-4} P T, \quad (2.4)$$

где  $\Delta P$  – температурная поправка, гПа;  $P$  – отсчет по барометру, гПа;  $T$  – показание термометра при барометре, °С.

Для удобства температурную поправку заранее рассчитывают, составляя таблицу ее значений. При измерениях поправка записывается в книжку КМ-1 рядом с постоянной поправкой. Измеренное по барометру давление исправляется этими поправками, т. е. суммируется с учетом знака и записывается в КМ-1 (Приложение 1).

*Для приведения атмосферного давления к уровню моря, а также для вычисления высот изобарических поверхностей* по измеренному атмосферному давлению на уровне станции используется барометрическая формула для политропной атмосферы.

*Порядок вычисления этих характеристик следующий:*

1. Для учета влажности воздуха и ее изменения с высотой температура сухого воздуха заменяется виртуальной температурой влажного воздуха. Виртуальная температура  $T_v$  определяется по формуле:

$$T_v = t + 0,378 \frac{T e}{P}, \quad (2.5)$$

где  $T_v$  – виртуальная температура, °С;  $t$ ,  $T$  – измеренная температура воздуха в °С и °К соответственно;  $e$  – парциальное давление водяного пара, гПа;  $P$  – исправленное атмосферное давление, гПа.

Для удобства и быстроты расчета виртуальной температуры к измеренной температуре воздуха прибавляется виртуальный добавок, который берется из рассчитанных таблиц (Приложение 2).

2. Давление, приведенное к уровню моря, рассчитывается по формуле:

$$P_{ym} = P_z \left( 1 + \frac{\gamma z}{T_v} \right)^{\frac{g}{R\gamma}}, \quad (2.6)$$

где  $P_{ym}$  – атмосферное давление на уровне моря, гПа;  $P_z$  – атмосферное давление на уровне станции, исправленное всеми поправками, гПа;  $T_v$  – виртуальная температура воздуха на уровне станции, °К;  $z$  – высота барометра над уровнем моря, м;  $\gamma = 0,0065$  °С/м – вертикальный градиент виртуальной температуры воздуха;  $R = 287,05$  м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>К – газовая постоянная сухого воздуха;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Расчет поправок для приведения давления к уровню моря производится для каждой станции отдельно. В соответствии с формулой (2.6) получаем:

$$\Delta P = P_{ym} - P_z = \left( 1 + \frac{\gamma z}{T_v} \right)^{\frac{g}{R\gamma}} - P_z. \quad (2.7)$$

Зная исправленное давление на уровне станции и виртуальную температуру по таблице поправок находят поправку  $\Delta P$ . Ее прибавляют к исправленному давлению и получают давление на уровне моря.

3. На метеостанциях, расположенных на высоте 500 м и выше над уровнем моря, определяется высота стандартных изобарических поверхностей над уровнем моря. Для этого по измеренному давлению на уровне станции и виртуальной температуре определяют высоту изобарической поверхности над уровнем станции в геометрических метрах. К полученной величине прибавляют значение высоты станции над уровнем моря (в геометрических метрах) и переводят в геопотенциальные метры.

#### 2.4. Порядок измерений по метеорологическому барографу

Для регистрации хода атмосферного давления барограф должен быть установлен в служебном помещении горизонтально на специальной полке; часовой механизм барабана заводится регулярно один раз в неделю (понедельник) после производства наблюдений в срок, ближайший к 14 часам поясного декретного времени.

*Определение характеристики (т.е. вида) барометрической тенденции по барографу производится в следующем порядке:*

- сразу после отсчета по барометру делается отметка на диаграммном бланке специальной кнопкой (№ 9 на рис. 2.2);

- по виду записи на диаграммном бланке непосредственно определяется характеристика барометрической тенденции в соответствии с типовыми видами, приведенными в табл. 2.1, и записывается в соответствующую графу книжки КМ-1 в виде цифры кода, взятой из этой таблицы;

- значение барометрической тенденции вычисляется как разность значений исправленного давления на уровне станции в срок наблюдения и предыдущий срок с точностью до 0,1 гПа. Результат записывается в книжку КМ-1.

Таблица 2.1

Характеристика барометрической тенденции

Цифра кода КН-01	Характеристика барометрической тенденции	Вид кривой по барографу	Изменение давления по барометру за 3 часа
0	Рост, затем падение		Давление в срок наблюдений такое же или выше, чем 3 ч назад
1	Рост, затем без изменения		Давление в срок наблюдений выше, чем 3 ч назад
	Рост, затем более слабый рост		
2	Рост равномерный или неравномерный		
3	Падение, затем рост		
	Без изменения, затем рост		
	Рост, затем более сильный рост		
4	Ровный или неровный ход		Давление в срок наблюдений такое же, как и 3 ч назад
5	Падение, затем рост		Давление в срок наблюдений такое же или ниже, чем 3 ч назад
6	Падение, затем без изменения Падение, затем более слабое падение		Давление в срок наблюдений ниже, чем 3 ч назад
7	Равномерное или неравномерное падение		
8	Рост, затем падение		
	Без изменения, затем падение		
	Падение, затем более сильное падение		

## 2.5. Порядок измерений по барометру-анероиду

Порядок измерения и вычисления атмосферного давления с помощью барометра-анероида заключается в следующем:

- делается отсчет показаний термометра при анероиде с точностью до десятых долей градуса;
- перед отсчетом давления по барометру-анероиду, для устранения влияния трения в механизме анероида, необходимо слегка постучать по его корпусу или стеклу;
- снимают отсчет по положению конца стрелки относительно шкалы с точностью до десятых долей деления (0,1 гПа); во избежание искажений при отсчете луч зрения должен быть перпендикулярен к плоскости шкалы.

В показания барометра-анероида вводят три поправки: шкаловую, температурную и добавочную, которые даются в поверочном свидетельстве к каждому прибору.

Шкаловая поправка берется из паспорта барометра и учитывает инструментальную неточность делений шкалы.

Температурная поправка учитывает влияние температуры и рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_t = \Delta P(t = 1^\circ) \cdot t + 0,002(75 - P_t)(t - 20), \quad (2.8)$$

где  $\Delta P_t$  – температурная поправка, гПа;  $\Delta P(t = 1^\circ)$  – температурная поправка (гПа) на  $1^\circ\text{C}$ ;  $t$  – температура при барометре-анероиде,  $^\circ\text{C}$ ;  $P_t$  – отсчитанное давление в округленных десятках, гПа.

Добавочная поправка учитывает остаточную деформацию (гистерезис) коробок, она изменяется во времени, поэтому ее определение производится не реже одного раза в 6 месяцев в поверительных лабораториях Госстандарта.

## 2.6. Контрольные вопросы

- В каких единицах измеряется атмосферное давление?
- Опишите принцип действия станционного чашечного барометра.
- Какие поправки вводятся в отсчет по ртутному барометру для определения давления на уровне станции?
- Опишите принцип действия барографа.
- Опишите принцип действия барометра-анероида.
- Какие поправки вводятся в показания барометра анероида?
- Как производится приведение давления к уровню моря?

### 3. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

#### 3.1. Методы измерения

На метеостанциях измеряют температуру воздуха, почвы, воды, снега, а также градиенты температуры в этих средах. Температура является одной из основных величин, характеризующих тепловое состояние системы. По изменению какого-либо физического свойства тела, температурная зависимость которого известна, можно определить температуру тела.

При измерении температуры исследуемой среды с помощью термометра исходят из того, что температура всех частей изолированной системы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, одинакова. Если же система не находится в термодинамическом равновесии, то происходит теплопередача от тел с большей температурой к телам с меньшей температурой. Следовательно, если для тела, температуру которого надо измерить, и термометра создать условия для теплообмена и защитить их от внешнего воздействия, то после установления теплового равновесия температуры термометра и тела станут равными, поэтому показания термометра будут соответствовать температуре тела.

Метод измерения температуры и вид термометра определяются выбранной термометрической характеристикой. Единица измерения температуры зависит от выбранной температурной шкалы. Большое распространение получили шкалы, которые предложили Фаренгейт в 1715 г., Реомюр – в 1736 г., Цельсий – в 1748 г., Кельвин – в 1848 г.

Градус температурной шкалы Фаренгейта (°F) составляет 1/180 интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения 32°F и 212°F соответственно.

Градус температурной шкалы Реомюра (°R) составляет 1/80 интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения соответственно 0°R и 80°R.

Градус температурной шкалы Цельсия (°C) составляет 1/100 интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения соответственно 0°C и 100°C. Все шкалы этого типа зависят от рода применявшегося термодинамического вещества.

Кельвин предложил термодинамическую температурную шкалу (шкала Кельвина), не зависящую от термодинамического вещества. Эта шкала, которая стала основной, опирается на одну реперную точку – тройную точку воды (точка равновесного состояния трех фаз воды). Единица этой шкалы называется кельвин (К). Для преобразованности числового выражения этой шкалы со стоградусной шкалой Цельсия ее промежуток между точками таяния льда и кипения воды

также был приравнен 100°. С учетом этого и того, что температура тройной точки воды лежит выше точки таяния льда на 0,01°, реперной точке шкалы (тройной точке воды) дано значение 273,16 К.

С 1968 г. принята международная практическая температурная шкала МПТШ-68. Температура, измеряемая по этой шкале, совпадает с термодинамической температурой с существующей в настоящее время точностью измерений.

#### 3.2. Основные приборы для измерения температуры воздуха

Термометров, применяемых для метеорологических наблюдений, достаточно много, однако наибольшее применение в метеорологической сети имеют жидкостные, деформационные термометры, термометры сопротивления, термоэлектрические и термотранзисторные термометры.

На метеостанциях для измерения температуры воздуха главным образом используют следующие стеклянно-жидкостные термометры: психрометрические, спиртовые низкоградусные, ртутные максимальные и спиртовые минимальные, а также термографы для непрерывной регистрации температуры воздуха.

1. Психрометрический термометр (рис. 3.1) используется для измерения температуры воздуха, а также при определении влажности воздуха. Это ртутный термометр со вставной шкалой из молочного стекла. Психрометрические термометры выпускаются с пределами измерений от –31 до +50°C или от –35 до +41°C. Цена деления шкалы 0,2°C. Числовые отметки нанесены через каждые 5°C. Коэффициент инерции в малоподвижном воздухе составляет 300 с. Термометр устанавливается в психрометрической будке в вертикальном положении. Для удобства установки термометра в специальном штативе на верхнем конце его защитной трубки укреплен металлический колпачок.

2. Спиртовой метеорологический низкоградусный термометр (ТМ-9) служит для определения температуры воздуха ниже –35°C; на метеостанциях он применяется как дополнительный к ртутному психрометрическому. Пределы шкалы от –71 до +21°C или от –81 до +11°C, цена деления 0,2°C. Термометр устанавливается вертикально в специальном гнезде штатива рядом с психрометрическим тер-



Рис.3.1 Термометр психрометрический. Измерения с его помощью можно начинать при температуре воздуха –35°C и ниже.

3. *Ртутный максимальный термометр* (рис. 3.2а) служит для измерения максимальной температуры за некоторый промежуток времени. Цена деления шкалы  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; пределы измерения от  $-35$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  или от  $-20$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Рабочее положение термометра близко к горизонтальному (резервуар слегка опущен). Показания максимальных значений температуры сохраняются благодаря наличию штифта 1 (рис. 3.2б), укрепленного внутри резервуара 2 к его дну, и вакуума в капилляре 3 над ртутью. При повышении температуры избыток ртути из резервуара вытесняется в капилляр через узкое кольцообразное отверстие между штифтом и стенками капилляра и остается там и при понижении температуры (так как в капилляре вакуум). Таким образом, положение конца столбика ртути относительно шкалы соответствует максимальной температуре. Приведение показаний термометра в соответствие с температурой в данный момент производят его стряхиванием. После чего показания термометра не должны отличаться от показаний психрометрического термометра более чем на  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

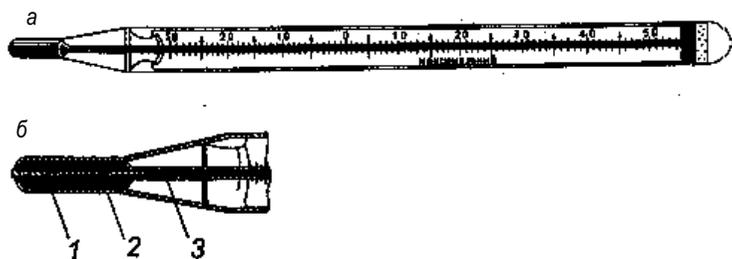


Рис. 3.2. Термометр максимальный (а) и устройство, обеспечивающее сохранность максимальных значений (б): 1 – штифт; 2 – резервуар; 3 – капилляр.

4. *Спиртовой минимальный термометр* (рис. 3.3а) применяют для измерения минимальной температуры за некоторый промежуток времени. Цена деления его шкалы  $0,5^{\circ}\text{C}$ ; нижний предел измерений варьирует от  $-75$  до  $-41^{\circ}\text{C}$ , верхний от  $+21$  до  $+41^{\circ}\text{C}$ . Рабочее положение термометра – горизонтальное. Сохранение минимальных значений обеспечивается находящимся в капилляре 1 (рис. 3.3б) в спирте штифтом 2. Утолщения штифта меньше внутреннего диаметра капилляра, поэтому при повышении температуры спирт, поступающий из резервуара в капилляр, обтекает штифт 2 не смещая его. При понижении температуры штифт после соприкосновения с мениском 3 столбика спирта перемещается вместе со спиртом к резервуару (так как силы поверхностного натяжения пленки спирта больше сил трения штифта о стенки капилляра). При перемещении штифт окажется в ближайшем к резервуару положении, которого достигнет мениск стол-

бика спирта при минимальной температуре, и останется там после повышения температуры. Таким образом, положение конца штифта, ближайшего к мениску спирта, указывает по шкале минимальную температуру в момент измерения. Для установки в рабочее положение минимальный термометр приподнимают резервуаром кверху и держат до тех пор, пока штифт не опустится до мениска спирта.

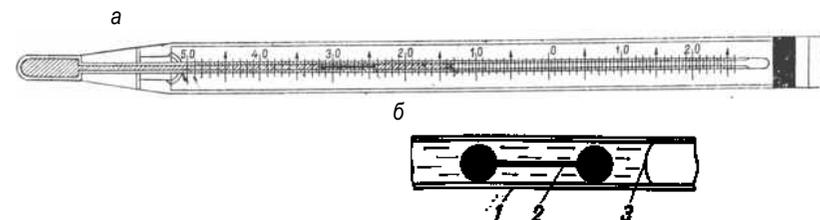


Рис. 3.3. Минимальный термометр (а), устройство, обеспечивающее сохранность минимальных значений в минимальном термометре (б): 1 – капилляр, 2 – штифт, 3 – мениск спирта.

5. *Термограф метеорологический М-16* (рис. 3.4) служит для непрерывной регистрации температуры воздуха. Приемником температуры в термографе является изогнутая биметаллическая пластина 1. Пластина одним концом укреплена в кронштейне 2, другой конец пластины при помощи передаточного механизма соединен со стрелкой 3, на которую надето перо. При изменении температуры меняется изгиб биметаллической пластины, что вызывает перемещение стрелки с пером вверх и вниз по барабану 4. Перо производит запись на ленте, надетой на барабан 4, вращающийся вокруг вертикальной

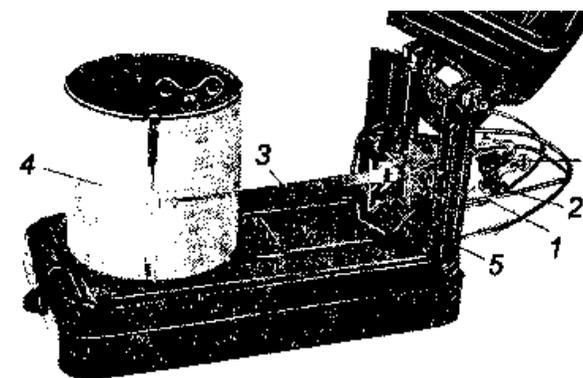


Рис. 3.4. Термограф метеорологический М-16.

оси с помощью часового механизма за 26 часов (суточный). Прижим стрелки с пером осуществляется за счет веса пера и стрелки; отводится перо от барабана поворотом рычага 5. Изменение ординаты записи на ленте (перевод пера вверх или вниз) производится вращением винта 6. Термограф М-16 снабжен кнопкой, нажимая которую наблюдатель делает метку на ленте, не открывая крышку.

К метеорологическим термометрам предъявляются высокие требования по точности и по сохранности градуировочных характеристик. Однако с течением времени градуировочные характеристики термометров меняются, вследствие чего меняется их систематическая погрешность. Это можно обнаружить при их повторной поверке хотя бы в одной точке, например в точке 0°С (при таянии льда). Изменения градуировочной характеристики и систематической погрешности этих термометров по характеру их проявления делятся на инерционные, так называемые «вековые», происходящие медленно и вызывающие повышение показаний, и временные, вызывающие понижение показаний. «Вековые» повышения показаний происходят из-за уменьшения напряжения в стекле, не устраненного при изготовлении термометров, и составляют 0,01–0,04 °С в год. Временные понижения, или «депрессии», точки нуля возникают вследствие резких кратковременных нагреваний термометра из-за явлений остаточной деформации (расширения) стекла (резервуара) после резкого нагревания. «Депрессия» для метеорологических термометров при резком их нагревании на 40–50 °С составляет 0,02–0,04 °С. Она с течением времени (15–20 дней) практически исчезает. Во избежание появления этой дополнительной погрешности, которую нельзя учесть, термометр не следует искусственно подвергать резким кратковременным изменениям температуры.

Каждый поверенный термометр снабжается поверочным свидетельством, а на самом термометре наносится порядковый номер и клеймо поверки. В поверочном свидетельстве поправки к показаниям термометра даются через каждые 10 °С с точностью до сотой доли градуса.

### 3.3. Порядок измерения температуры воздуха

Измерение температуры воздуха производится в единые синхронные сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 ч СГВ за 10 минут до срочного часа и включает в себя определение температуры воздуха в срок наблюдения, минимальной и максимальной температур за промежуток времени между сроками наблюдений.

Приборы для измерения температуры воздуха располагаются в психрометрической будке и должны быть постоянно готовы к произ-

водству измерений. Для этого перед каждым сроком наблюдений наблюдатель осматривает приборы и производит соответствующие исправления или замену приборов в случае их неисправности.

*Порядок измерений температуры воздуха:*

- отсчитывают показания сухого и смоченного термометров с точностью до 0,1°С; при этом сначала отсчитывают десятые доли градуса, а потом целые, чтобы исключить погрешность измерения, вызываемую влиянием наблюдателя на термометр;
- отсчитывают показания минимального термометра по мениску столбика спирта («спирт») и по штифту («штифт»); положение штифта отсчитывается по концу, который ближе к мениску спирта;
- отсчитывают показания максимального термометра;
- встряхивают максимальный термометр (для согласования его показаний с температурой воздуха в срок наблюдений) и производят отсчет его показаний после встряхивания;
- совмещают конец штифта минимального термометра с мениском спирта («подводят штифт к спирту»);
- повторно отсчитывают показания сухого термометра;
- при температуре воздуха –20°С и ниже одновременно с отсчетом по сухому психрометрическому термометру отсчитывают показания спиртового низкоградусного термометра.

При отсчетах по термометрам необходимо, чтобы глаз наблюдателя был расположен на одной высоте с концом столбика ртути или концом штифта. При правильном положении глаза отсчитываемое деление на шкале будет казаться ровной линией на всем протяжении; если же глаз поставлен неверно, то эта линия в месте, где проходит капилляр, покажется изогнутой (рис. 3.5).

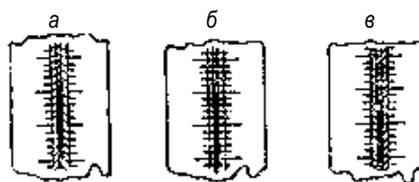


Рис. 3.5. Вид шкалы термометра при различных положениях глаза наблюдателя: а – глаз ниже мениска; б – правильное положение; в – глаз выше мениска.

### 3.4. Обработка и запись результатов измерений

Все отсчеты по термометрам в психрометрической будке непосредственно после измерения записываются в отведенные для этого строки книжки КМ-1 (Приложение 1) и исправляются соответствующими поправками из прилагаемого к каждому термометру поверочно-

го свидетельства. Поправки алгебраически суммируются с отсчетами по термометрам. Если полученная сумма имеет отрицательный знак, то она с этим знаком записывается в книжку КМ-1. При положительной температуре знак «+» не ставится.

Отсчеты по низкоградусному термометру при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже записываются в книжку КМ-1 в строку «Смоченный термометр», наблюдения по которому при этой температуре не ведутся. Отсчеты также исправляются поправками из поверочного свидетельства.

Отсчеты по минимальному термометру записываются в соответствующие графы строки «Минимальный термометр» и исправляются поправкой поверочного свидетельства. Отсчеты по максимальному термометру записываются в книжку КМ-1 и исправляются соответствующими поправками, взятыми из поверочного свидетельства.

При неисправности максимального термометра, а также в случаях, когда показания максимального термометра выходят за пределы шкалы, следует вместо показаний максимального термометра в книжку КМ-1 записать максимальное значение температуры воздуха за период между сроком измерения и предыдущим сроком по термографу.

По измеренным значениям температуры воздуха можно выбрать его минимальную и максимальную температуру за любой установленный период: минимальная температура воздуха за установленный период выбирается из всех наименьших показаний штифта минимального термометра и показаний сухого термометра за те же сроки и за последний срок предыдущего периода; максимальная температура воздуха выбирается из наибольших показаний максимального термометра за все сроки установленного периода и из показаний сухого термометра за те же сроки и за последний срок предыдущего периода.

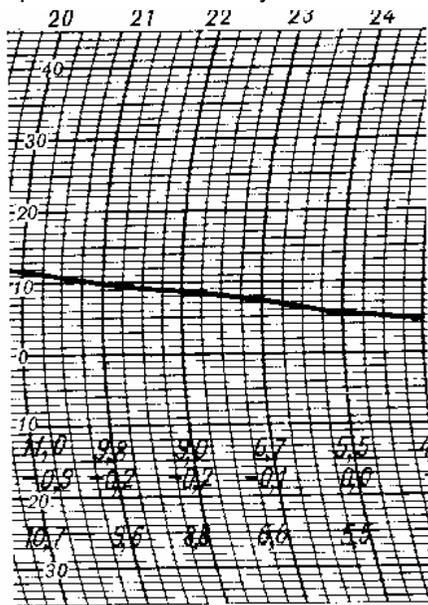


Рис. 3.6. Образец записи на ленте термографа.

Обработка лент термографа производится следующим образом:

• для каждого часа по записи определяют значения температуры с точностью до

$0,1^{\circ}\text{C}$ , записывают их в нижней части ленты у соответствующих часовых ординат (верхняя строка);

• затем для срочных часов выписывают на ленту значения исправленных показаний психрометрического термометра и вычисляют разности между ними и температурой в срочные часы по записи на ленте. Эти разности являются поправками к значениям температуры в срочные часы, полученным по записи на ленте;

• по значениям этих поправок и их изменению (разности) за отрезок времени между каждыми соседними срочными часами вычисляют поправки для значений температуры, полученных по записи на ленте в каждый целый час. Эти поправки записываются на ленте (средняя строка) и затем прибавляются к значениям температуры, ранее полученным по записи на ленте (верхняя строка);

• полученные таким образом исправленные значения температуры для каждого часа записываются в нижней строке.

### 3.5. Контрольные вопросы

1. Назовите существующие температурные шкалы.
2. Назовите приборы для измерения температуры воздуха на метеорологических станциях.
3. Каков принцип действия максимального термометра?
4. Опишите принцип действия минимального термометра.
5. Каков порядок наблюдений по приборам в психрометрической будке?
6. Как производится обработка и запись измерений температуры воздуха?

## 4. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И ИСПАРЕНИЯ

### 4.1. Методы измерения

Под влажностью воздуха (влажностью) понимают содержание водяных паров в воздухе. Содержание водяного пара в воздухе может оцениваться многими величинами: абсолютной и относительной влажностью, упругостью водяного пара, точкой росы, дефицитом влажности и др.

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

*Упругость водяного пара  $e$* , или парциальное давление водяного пара воздуха это давление, которое имел бы водяной пар, находящийся во влажном воздухе, если бы он занимал весь объем, кото-

рый занимает влажный воздух при той же температуре. Она выражается в гектопаскалях (гПа), миллибарах (мб) или миллиметрах ртутного столба (мм рт.ст.). Абсолютная влажность (в г/м<sup>3</sup>) и упругость водяного пара воздуха (в гПа) связаны выражением:

$$a = 217 \frac{e}{T} \quad \text{или} \quad a = 0,8 \frac{e}{1 + \alpha t}, \quad (4.1)$$

где  $T$  и  $t$  – температура водяного пара (воздуха) в °К и °С соответственно;  $\alpha$  – температурный коэффициент объемного расширения пара.

При данной температуре воздуха и данном давлении упругость водяного пара  $e$  не может быть больше некоторого максимального количества водяных паров упругости  $E$  – упругости пара, насыщающего пространство.

Относительная влажность воздуха  $f$  – отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к насыщающей упругости водяного пара при температуре  $t$ , выраженное в процентах:

$$f = \frac{e}{E} 100\% . \quad (4.2)$$

*Дефицит упругости водяного пара (влажности)  $d$*  (или недостаток насыщения) – разность между максимально возможной упругостью водяного пара при данной температуре и упругостью водяного пара, содержащегося в воздухе:

$$d = E - e. \quad (4.3)$$

*Точка росы  $t_d$*  – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, достигает состояния насыщения при неизменном давлении, т.е.  $e = E_{td}$ .

*Удельная влажность  $q$*  – масса водяного пара, содержащегося в одном килограмме влажного воздуха, г/кг:

$$q = 622 \frac{e}{p - 0,378e}, \quad (4.4)$$

где  $p$  – атмосферное давление на уровне станции, гПа.

*Отношение смеси  $r$*  – отношение массы водяного пара, содержащегося в объеме влажного воздуха, к массе сухого воздуха в том же объеме, г/кг:

$$r = 622 \frac{e}{p - e}. \quad (4.5)$$

На метеорологических станциях рассчитывают парциальное давление водяного пара ( $e$ ), относительную влажность воздуха ( $f$ ), точку росы ( $t_d$ ) и дефицит влажности ( $d$ ).

Наиболее распространенными методами измерения влажности воздуха являются психрометрический и гигрометрический, а наиболее распространенными приборами – психрометры и гигрометры.

Психрометрический метод основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от дефицита влажности соприкасающегося с ней воздуха. Метод практически реализуется косвенным определением интенсивности испарения путем измерения понижения температуры тела, с поверхности которого происходит испарение, за счет затраты тепла тела на испарение воды. На основании закона Дальтона о скорости испарения и закона о расходе тепла на испарение можно найти зависимость между упругостью водяного пара, разностью температур сухого и смоченного термометров (психрометрическая разность) и атмосферным давлением, выражаемую психрометрической формулой:

$$e = E - Ap(t - t_1), \quad (4.6)$$

где  $e$  – упругость водяного пара, гПа;  $E$  – максимальная упругость водяного пара, гПа, при температуре смоченного термометра  $t_1$  (°С);  $t$  – температура воздуха, °С;  $A$  – психрометрический коэффициент.

Гигрометрический метод (гигро – влажный) основан на свойстве некоторых тел менять свои линейные размеры (деформироваться) при изменении содержания в воздухе водяных паров. Такими свойствами обладают обезжиренный человеческий волос и различные органические пленки. Так при изменении влажности от 0 до 100% удлинение волоса составляет около 2,5% от его длины. Это и положено в основу работы гигрометров и гигрографов (все приборы этого типа относительные). Хотя их шкалы и отградуированы в значениях относительной влажности, в отсчеты по приборам следует вводить специальные поправки, получаемые по результатам параллельных наблюдений по психрометру (абсолютный прибор) и конкретному гигрометру.

#### 4.2. Основные приборы для измерения влажности воздуха

Для измерения характеристик влажности используют следующие приборы:

1. *Станционный психрометр* состоит из двух одинаковых психрометрических (ртутных) термометров с ценой деления 0,2°С и резервуарами шарообразной формы. Оба термометра должны иметь одинаковые размеры резервуаров, одинаковые пределы шкал и близкие по высоте положения соответствующих отметок шкалы (0; –10; 30 °С).

Термометры устанавливаются в психрометрической будке на штативе вертикально; под правым термометром на 2 см ниже резервуара устанавливается стаканчик с дистиллированной водой (рис. 4.1).

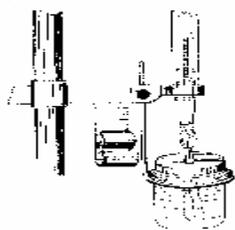


Рис. 4.1. Психрометрический стаканчик на штативе.

Резервуар этого термометра обертывают батистом, конец которого погружают в воду; этим должно обеспечиваться равномерное смачивание поверхности батиста, плотно облегающего резервуар термометра.

Термометр, обернутый смоченным батистом, называют *смоченным* в отличие от сухого (без батиста), который показывает температуру воздуха.

Для получения правильных значений влажности необходим тщательный уход за батистом на смоченном термометре. Батист на резервуаре смоченного термометра должен быть всегда чистым, мягким и влажным. Если он загрязнился или стал жестким и недостаточно смачивается, его необходимо заменить новым. Обвязка батиста на резервуаре термометра при положительных и отрицательных температурах показана на рис. 4.2 а, б.

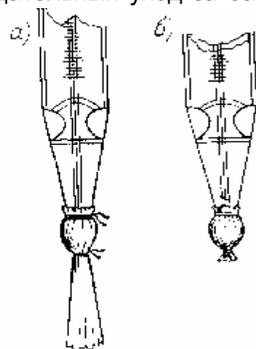


Рис. 4.2. Обвязка резервуара смоченного термометра батистом при положительной (а) и отрицательной (б) температуре.

Психрометрическая будка имеет стенки в виде двойной жалюзи, что даже при очень сильном ветре не приводит к значительному повышению скорости внутри будки, но в то же время имеет хороший воздухообмен внутри. Для стационарного психрометра психрометрический коэффициент принят постоянным и равен  $A=7,947 \cdot 10^{-4}$ , что соответствует скорости обдува 0,8 м/с.

2. *Психрометр аспирационный* (рис. 4.3) служит для измерения влажности в полевых условиях. Его принцип действия такой же, как и стационарного, но он содержит аспирационное устройство, обеспечивающее протяжку воздуха у резервуаров термометров с постоянной скоростью 2 м/с. Это в значительной мере исключает влияние скорости ветра на показания психрометра. Выпускаются психрометры двух типов: с аспираторами с пружинным механизмом и с электродвигателем. Аспираторы взаимозаменяемы.

Аспирационный психрометр содержит два специальных термометра 3 и 9, укрепленных в металлической оправе, состоящей из трубки 4 с тройником 6 и планочных защит 5. К тройнику 6 с помо-

щью пластмассовых втулок 7 прикреплены по две трубки 8 и 15, являющиеся защитой резервуаров термометров. Верхний конец трубки 4 соединен с головкой аспиратора 1, просасывающего наружный воздух через трубки 8 и 15 около резервуаров термометров. Внутренние трубки 15 удерживаются при помощи трех лапок, опирающихся на края наружных трубок 8. Для уменьшения теплопередачи между наружными трубками 8 и внутренними 15 под лапки трубок 15 подкладываются тонкие кольца из теплоизоляционного материала. Резервуар термометра 9 (правый) обвязан батистом, коротко обрезанным под резервуаром. Весь прибор никелирован и полирован, благодаря чему его поверхность отражает падающие на него солнечные лучи, исключая чрезмерный нагрев корпуса. Кроме того, втулки 7 из теплоизоляционного материала теплоизолируют трубки 8 и 15, окружающие резервуары термометров, от корпуса прибора. Поэтому аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты.

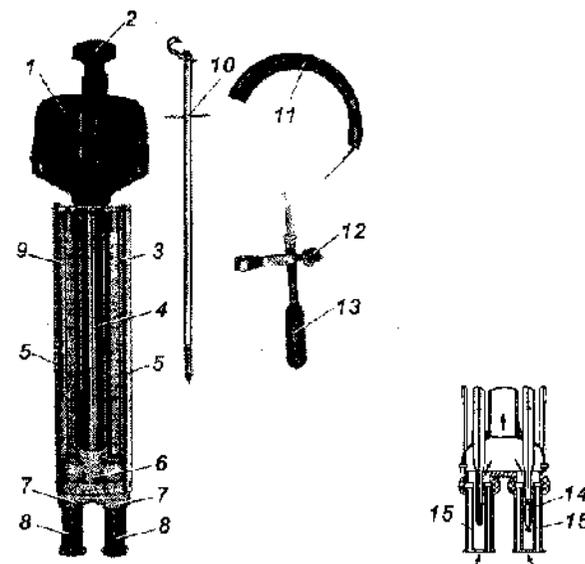


Рис. 4.3. Психрометр аспирационный.

3. *Волосной метеорологический гигрометр* (рис.4.4) применяется для определения относительной влажности воздуха при температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Волосной гигрометр состоит из рамки 4, вверху которой одним концом укреплен волос 1 на регуляторе с гайкой 2. Другой конец волоса закреплен внизу на кулачке 9 с грузи-

ком 10; грузик держит волос в натянутом состоянии. Кулачок при помощи стержня 7 соединен с осью 8, на которой укреплена стрелка 6. На рамке укреплена шкала 5, вдоль которой перемещается конец стрелки. Шкала гигрометра имеет неравномерные, постоянно уменьшающиеся деления от 0 до 100%. Деления оцифрованы через каждые 10%. Цена деления шкалы равна 1% относительной влажности. В гигрометрах деформация волоса с помощью системы рычагов передается на стрелку. При увеличении относительной влажности волос увеличивается и стрелка прибора идет вправо, при уменьшении – стрелка отходит влево.

5. *Волосной гигрограф М-21* (рис. 4.5) служит для непрерывной регистрации относительной влажности воздуха. Приемником влажности служит пучок обезжиренных человеческих волос 1, закрепленный на рамке 2 обоими концами. Пучок волос оттянут за середину крючком, который при помощи передаточного механизма соединен со стрелкой 3 с пером.

При изменении влажности воздуха меняется длина пучка волос и перо перемещается. При увеличении влажности пучок волос удлиняется и перо идет вверх, а при уменьшении влажности пучок волос укорачивается и перо опускается вниз.

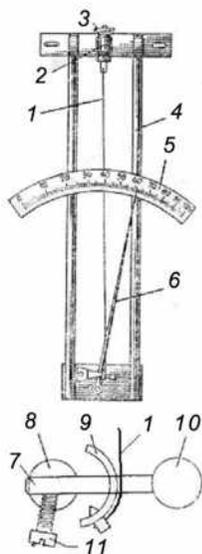


Рис. 4.4. Гигрометр волосной.

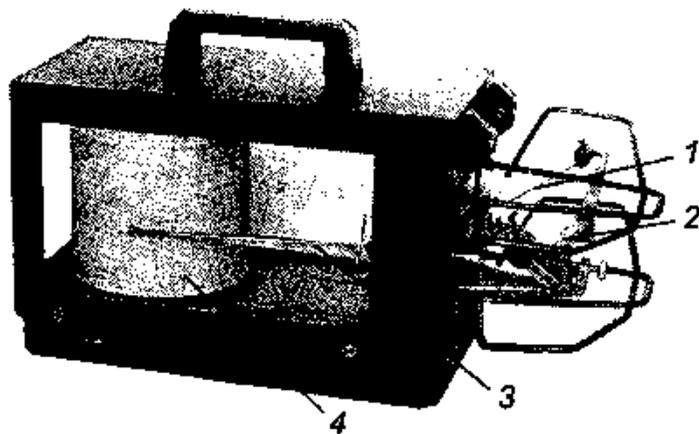


Рис. 4.5. Гигрограф волосной М-21.

Чувствительность волоса с увеличением относительной влажности уменьшается. Для того чтобы масштаб записи сделать одинаковым при любом значении влажности, в передаточный механизм гигрографа введено специальное устройство, которое состоит из двух катающихся одна по другой дуг. Форма дуг и положение их относительно друг друга подобраны таким образом, чтобы изменение точки их соприкосновения при изменении длины волоса компенсировало неравномерность чувствительности гигрографа и перо перемещалось бы по ленте на одну и ту же величину при изменении влажности на 1%. Запись показаний гигрографа производится на ленте, надетой на барабан 4, вращающийся с помощью часового механизма.

#### 4.3. Наблюдения за влажностью по стационарному психрометру

Измерение влажности воздуха производится в единые синхронные сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 час за 10 минут до срочного часа и включает в себя определение температуры воздуха по сухому и смоченному термометрам, относительной влажности по гигрометру (при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ).

*Измерения с помощью стационарного психрометра:*

- смачивают батист термометра за 10–15 минут до отсчета;
- отсчитывают показания сухого и смоченного термометров с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ; при этом сначала отсчитывают десятые, а потом целые доли градуса.
- Показания сухого и смоченного термометров записывают в книжку КМ-1 в графу «Температура воздуха» (Приложение 1).

*Измерения по психрометру при морозах*

При температурах ниже  $0^{\circ}\text{C}$  максимальная упругость водяного пара имеет малые значения, вследствие чего относительно небольшая ошибка в определении температуры по сухому и смоченному термометрам вызывает большую ошибку в определении влажности. С наступлением первых заморозков батист смоченного термометра обрезается непосредственно под шариком (рис. 4.2), а психрометрический стаканчик убирается из будки. За 30 мин до наблюдения стаканчик с дистиллированной водой приносят в психрометрическую будку и смачивают термометр. В срок наблюдений снимают показания сухого и смоченного термометров, при этом определяют в каком состоянии находится вода на батисте: в жидком (вода) или замерзшем (лед). При записи отсчета по смоченному термометру рядом отмечается буквой «л» наличие на батисте льда и буквой «в» наличие на нем воды. Чтобы определить, лед или вода на батисте, нужно коснуться карандашом нижнего конца батиста. Если на батисте была переохлажденная вода, то прикосновение вызовет ее замерзание, в

этом случае показание смоченного термометра вначале повысится, а когда вся вода замерзнет, начнет опять понижаться. Если на батисте был лед, то показание смоченного термометра не изменится.

*Обработка результатов наблюдений и вычисление характеристик влажности по показаниям стационарного психрометра:*

- в измеренные значения температуры по сухому и смоченному термометрам вводятся поправки, взятые из прилагаемого к каждому термометру поверочного свидетельства. Если полученная сумма имеет отрицательный знак, то она с этим знаком записывается в книжку КМ-1, при положительной температуре знак не ставится;
- на метеорологических станциях вычисление характеристик влажности производится с помощью «Психрометрических таблиц» и записывается в книжку КМ-1 в графу «Влажность».

#### **4.4. Наблюдения за влажностью по аспирационному психрометру**

*Измерения с помощью аспирационного психрометра:*

- аспирационный психрометр устанавливают с помощью крюка-подвеса таким образом, чтобы резервуары термометров находились на высоте 2 м;
- зимой психрометр устанавливают за 30 мин, а летом за 15 мин до момента отсчета; при установке его ориентируют так, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на термометры, а ветер дул по направлению от прибора к наблюдателю. Смачивание термометра, обвязанного батистом, зимой производят за 30 мин, а летом за 4 мин до отсчета. Для смачивания термометра пользуются резиновой грушей с пипеткой, прилагаемой к прибору;
- смочив термометр, ключом заводят механизм аспиратора, который в момент отсчета должен работать полным ходом, зимой за 4 мин до отсчета нужно произвести вторичный завод механизма;
- при производстве отсчетов сначала быстро отсчитывают десятые доли градуса по сухому и смоченному термометрам, затем целые градусы с точностью до 0,1°C;
- если производится серия отсчетов (при градиентных наблюдениях), то необходимо сделать дополнительный завод пружины аспиратора.

*Обработка результатов наблюдений и вычисление характеристик влажности по показаниям аспирационного психрометра:*

- показания результатов наблюдений записываются в книжку КМ-16 (книжка для записей градиентных наблюдений) и обрабатываются так же, как и при наблюдениях по стационарному психрометру;

- вычисление характеристик влажности производят также по «Психрометрическим таблицам».

#### **4.5. Наблюдения за влажностью по волосному гигрометру**

*Измерения с помощью волосного гигрометра*

- Измерения по гигрометру начинаются при температуре воздуха –10°C. Отсчеты по волосному гигрометру делаются в целых делениях шкалы непосредственно после отсчетов по психрометру с тем, чтобы промежуток времени между этими отсчетами был наиболее коротким. Отсчеты относительной влажности, снятые с гигрометра, переводятся в исправленные значения по переводному графику ТМ-9. Переводной график гигрометра строится заранее путем параллельных наблюдений в течение несколько месяцев по психрометру и гигрометру до наступления устойчивых морозов.
- Измеренные и исправленные значения относительной влажности записывают в книжку КМ-1 в графу «Влажность, гигрометр» (Приложение 1).
- Имея исправленное по переводному графику значение относительной влажности и температуру воздуха, полученную по сухому термометру, по «Психрометрическим таблицам» находят значения  $d$ ,  $e$ ,  $t_d$ .

#### **4.6. Наблюдения за влажностью по волосному гигрографу**

*Измерения с помощью волосного гигрографа:*

- волосной гигрограф устанавливается в будке для самописцев, в ее верхней части;
- метки на лентах гигрографа производятся сразу после измерений по приборам в психрометрической будке;
- смена лент гигрографа производится в срок, ближайший к 13 ч местного времени.

*Порядок обработки лент волосного гигрографа:*

- разбивка записи на ленте гигрографа производится таким же образом, как и на лентах термографа (работа № 3, п. 3.4);
- введение поправок в записи производится с помощью графика, составленного на основании сравнительных данных значений относительной влажности в срочные часы, полученных по психрометру, и значений, снятых с лент гигрографа с точностью до 1%.

#### 4.7. Наблюдения за испарением

Наблюдения за испарением проводятся только в теплое время года на метеорологических станциях I-го разряда, а также на станциях, расположенных вблизи водоемов. Для наблюдений за испарением с водной поверхности применяют испаромер ГГИ-3000. Прибор состоит из испарителя, дождемера, бюретки и измерительной трубки (рис. 4.6).

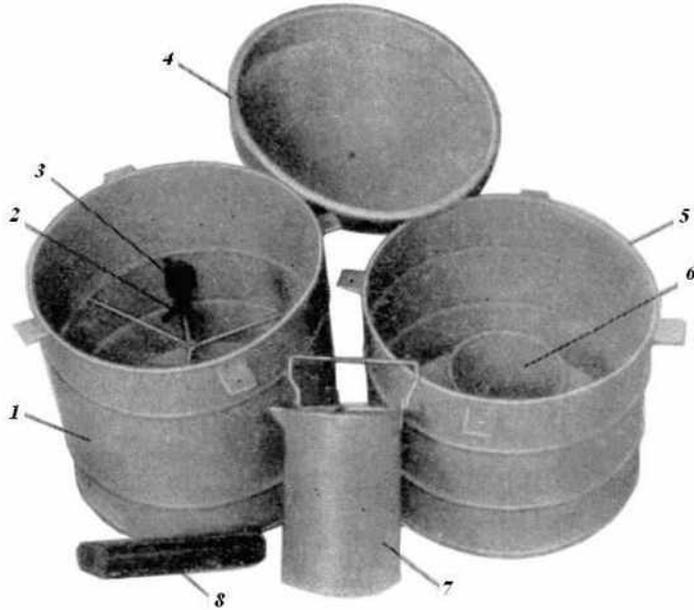


Рис. 4.6. Испаромер ГГИ-3000:

1 – бак испарителя; 2 – трубка и кронштейн с иглой; 3 – объемная бюретка; 4 – воронка дождемера; 5 – бак дождемера; 6 – гнездо ведра; 7 – водосливное ведро; 8 – футляр с мерной колбой.

Испаритель представляет собой цилиндрический металлический бак 1 с конусообразным дном. Площадь его испаряющей поверхности составляет  $3000 \text{ см}^2$ . Верхний край бака имеет козырек шириной 20 мм. В центре дна испарителя вертикально установлена металлическая трубка, в которую при измерениях устанавливается объемная бюретка 3. К трубке прикреплен кронштейн с вертикальной иглой 2, служащей репером уровня воды, который должен поддержи-

ваться в испарителе. Острие иглы находится на 48 мм ниже плоскости, проходящей через верхний край испарителя. Для крепления испарителя при установке на плоту имеются четыре ушка.

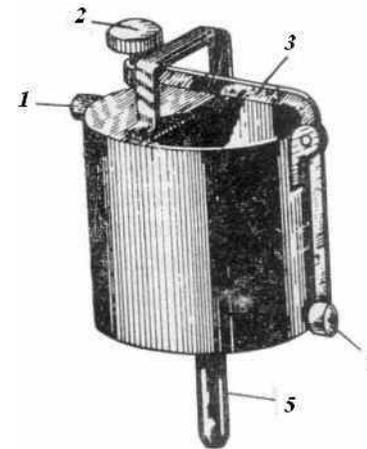


Рис. 4.7. Бюретка.

1 – носик, 2 – винт, 3 – рычаг,  
4 – клапан, 5 – стержень.

Объемная бюретка (рис. 4.7) служит для определения изменения уровня воды в испарителе. Внутренний диаметр бюретки 50 мм, площадь поперечного сечения  $20 \text{ см}^2$ , высота 60 мм. Дно бюретки имеет в центре установочный стержень 5, который при измерении испарения вставляется в центральную трубку испарителя. Сбоку бюретки, у самого дна, имеется небольшое отверстие, через которое вода из испарителя попадает в бюретку. При помощи изогнутого рычага 3 и винта 2, упирающегося в крышку бюретки, отверстие может плотно закрываться клапаном 4. В верхней части бюретки имеет носик 1 для слива воды.

Специальная измерительная стеклянная колба объемом  $30 \text{ см}^3$ , оканчивающаяся градуированной цилиндрической трубкой с ценой деления шкалы 0,1 мм слоя воды в испарителе, служит для измерения воды, захваченной бюреткой.

##### Производство измерений

Измерение испарения проводят обычно два раза в сутки (7 и 19 часов). При помощи объемной бюретки и измерительной трубки определяют в установленные сроки изменение уровня воды в испарителе.

Перед первым измерением уровень воды в испарителе доводят до острия иглы. Бюретку перед измерениями необходимо смочить той же водой, для того, чтобы она покрылась слоем влаги, и стряхнуть с нее лишнюю воду. Затем бюретку стержнем 5 вставляют в трубку 2 и заполняют бюретку водой. Снимают бюретку с испарителя, и воду из бюретки сливают в измерительную трубку. Определяют объем воды в бюретке  $V_0$ . Затем воду из трубки выливают в испаритель и измерение повторяют три раза. Из трех измерений определяют  $V_{0,ср}$ . Результаты измерения записывают в табл. 4.1. В течение установленного срока часть воды из испарителя испаряется и уровень понижается. В конце установленного срока в той же последовательности проводят измерения и определяют  $V_{ср}$ . Результаты заносят в

табл. 4.1. Толщину слоя испарившейся воды определяют по формуле:

$$h = \frac{10(V_{0cp} - V_{cp})}{S}, \text{ мм}, \quad (4.7)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения бюретки (20 см<sup>2</sup>).

Таблица 4.1

Таблица для записи измерений испарения

№	Объем (см <sup>3</sup> или мл)				h, мм
	$V_0$	$V_{0cp}$	$V$	$V_{cp}$	
1.					
2.					
3.					

#### 4.8. Контрольные вопросы

1. Опишите принцип действия стационарного психрометра.
2. Каков принцип действия аспирационного психрометра?
3. В какое время года производят наблюдения по волосному гигрометру?
4. Какие характеристики влажности рассчитывают по психрометрическим таблицам?
5. Как производят наблюдения по психрометрам при отрицательных температурах воздуха?
6. Какой прибор используется на метеостанциях для наблюдений за испарением? Из каких основных частей он состоит?
7. Как производят наблюдения за испарением?

## 5. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРА

### 5.1. Методы измерения

*Ветром* называют горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности; *скоростью* ветра называют горизонтальную составляющую скорости перемещения воздуха относительно неподвижной точки земной поверхности. Скорость является вектором и характеризуется числовым значением (модулем) и направлением. В метеорологии скоростью ветра называют числовое значение скорости.

На ГМС скорость и направление ветра измеряют двумя разными приборами. Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с), иногда в километрах в час (км/ч). Направлением ветра принято счи-

тать азимут точки, откуда дует ветер. Направление ветра измеряют в угловых градусах или румбах горизонта.

Скорость и направление ветра меняются непрерывно. Характер изменчивости скорости и направления ветра зависит от метеорологических условий и характера местности. Мгновенные значения скорости и направления являются неустойчивыми характеристиками ветра. Они непрерывно колеблются около средних значений, устойчивых в течение достаточно большого отрезка времени.

Скорость ветра принято осреднять в десятиминутном или двухминутном интервале времени. Для направления ветра достаточно интервал осреднения, равный 2 мин. Также определяется изменчивость скорости и направления ветра во времени, т.е. *порывистость ветра*. Она оценивается качественно по степени изменчивости мгновенных значений скорости и направления ветра. *Мгновенной скоростью* считают скорость, осредняемую вследствие инерционности измерительного прибора за интервал 2–5 сек. Порывистость ветра характеризуется также максимальными значениями мгновенной скорости.

Скорость и направление ветра на ГМС измеряют на высоте 10–12 м от поверхности земли. Направление ветра в градусах принято отсчитывать начиная с севера по часовой стрелке.

Приборы, служащие для измерения скорости ветра, называются *анемометрами*.

Приборы, измеряющие скорость и направление ветра, называются *анеморумбометрами*, некоторые из них *ветромерами*.

Приборы, регистрирующие скорость ветра, называются *анемографами*, а приборы, регистрирующие скорость и направление ветра, – *анеморумбографами* или *самописцами* ветра.

### 5.2. Основные приборы для измерения характеристик ветра

Основными приборами для измерения характеристик ветра являются следующие:

- анеморумбометр М-63М-1 и анеморумбометр М-36М-1М;
- флюгер Вильда;
- анемометр ручной чашечный со счетным механизмом МС-13;
- анемометр ручной индукционный АРИ.

*Анеморумбометр М-63М-1* (рис. 5.1) предназначен для измерения средней, мгновенной и максимальной скорости и осредненного направления ветра и состоит из блока датчиков скорости и направления ветра, измерительного пульта и блока питания. Измерительные преобразователи скорости и направления ветра сконструированы в виде одного блока датчиков, состоящего из горизонтального об-

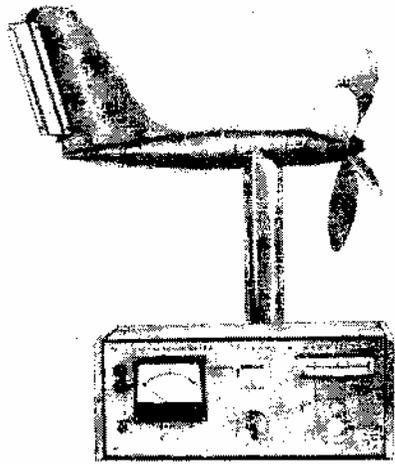


Рис. 5.1. Анеморумбометр М-63М-1.

текаемого корпуса, задняя часть которого кончается хвостовым оперением – флюгаркой. Корпус преобразователя вместе с наружной трубой свободно вращается вокруг вертикальной стойки. В передней части горизонтального корпуса находится воздушный винт. Он устанавливается по направлению воздушного потока при помощи флюгарки так, чтобы плоскость вращения винта была всегда перпендикулярна направлению потока.

Измерительный пульт представляет собой настольный прибор, на лицевой панели которого размещены:

- шкала мгновенной и максимальной скоростей и кнопка «Скорость» для включения прибора и измерения мгновенной скорости, шкала для переключения указателя мгновенной скорости ветра, «Сброс  $V_{\text{макс}}$ » для освобождения стрелки максимальной скорости ветра (сброса зафиксированного максимума);

- указатель средней скорости ветра и ручка «Средняя скорость» для включения и установки времени работы часового механизма и интервала осреднения для средней скорости ветра;

- указатель направления ветра и два индикатора, указывающие шкалу отсчета в указателе направления ветра.

Мгновенная скорость определяется непосредственным измерением частоты следования импульсов. Частота указывается стрелочным электроизмерительным прибором, шкала которого проградуирована в метрах в секунду мгновенной скорости ветра. Вторая стрелка фиксирует максимальное отклонение стрелки мгновенной скорости. Сброс максимального значения осуществляется поворотом рукоятки влево. Кнопка служит для переключения предела измерения мгновенной скорости с 0–60 на 0–30 м/с. Для определения средней скорости ветра за 10 мин в панель измерительного пульта прибора вмонтирован цифровой счетчик импульсов. Счетчик имеет кнопку для сброса показаний.

Направление отсчитывается по шкалам прибора. Первая шкала соответствует значениям направления 0–90–180–270–360°, а вторая – 180–270–360–90–180° (сдвинута относительно первой на 180°).

Переключение шкал происходит автоматически; одновременно с переключением шкал загорается индикаторная лампа соответствующего цвета.

Анеморумбометр М-63М-1М отличается от анеморумбометра М-63М-1 только измерительным пультом. На лицевой панели этого пульта размещены: световое табло, на котором высвечивается значение измеряемой скорости ветра; клавиши « $V_{\text{макс}}$ », « $V_{\text{средн}}$ » и « $V_{\text{мгн}}$ » для включения измерения скоростей ветра; клавиша « $V_{\text{макс.сброс}}$ » для сброса зафиксированного значения максимальной скорости ветра; клавиши 2, 10 и « $V_{\text{средн.вкл}}$ » для включения осреднения скорости ветра за интервал времени, установленный клавишами 2 или 10 (минуты); лампочка «Измерение»; ручка «Упреждение» для установки промежутка времени, через который начнется измерение средней скорости ветра; тумблер «Питание» для включения прибора; два индикатора; клавиша «Измер. направления» для регистрации направления ветра.

Датчики скорости и направления ветра анеморумбометров устанавливаются на метеорологической площадке на шарнирной мачте М-82 на высоте 10–12 м. Ориентир у анеморумбометра должен быть направлен строго на север по полуденной линии, вертикальность установки проверяется по отвесу.

Флюгер Вильда стационарный (рис. 5.2) применяется для измерения скорости за 2 мин и максимальный порыв за это же время, а также направление ветра. Чувствительным элементом направления ветра является флюгарка, а скорости ветра – прямоугольная, вертикально расположенная пластинка, прикрепленная верхним краем к горизонтальной, свободно вращающейся оси. Флюгер состоит из неподвижного вертикального стержня с укрепленными на нем штифтами – указателями направления ветра – и надетой на него подвижной части в виде трубки, на которой смонтированы флюгарка и указатель скорости ветра. Флюгарка состоит из двух лопастей 8, расположенных под углом друг к другу, и противовеса-указателя 1, укрепленных на трубке 7. На нижнюю утолщенную часть неподвижного стержня 10 флюгера надета втулка 9 с восемью ввинченными в нее

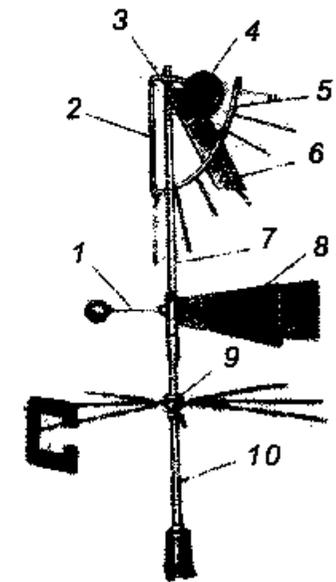


Рис. 5.2. Флюгер Вильда.

металлическими штифтами, предназначенными для определения положения противовеса флюгарки относительно сторон горизонта. К штифту, обращенному на север, прикреплена металлическая буква С (или N). Указатель скорости ветра укреплен на верхней части трубки 7. Он состоит из металлической пластины – доски 6 и рамки 2 с сектором 5, на котором находятся восемь штифтов для определения скорости ветра. Доска может свободно колебаться около горизонтальной оси рамки 3. Противовес 4 служит для уравнивания сектора 5. Рамка с доской укреплена на трубке так, что доска и сектор со штифтами находится на той же стороне трубки, где и лопасти флюгарки, а плоскость вертикально висящей доски перпендикулярна противовесу-указателю 1. Благодаря флюгарке ось колебаний доски всегда устанавливается перпендикулярно направлению ветра. Под воздействием ветра доска отклоняется от отвесного положения тем больше, чем скорость ветра. Скорость ветра отсчитывается по положению ребра доски относительно штифтов сектора. По массе доски бывают двух типов: легкие (200 г) и тяжелые (800 г). Флюгер с тяжелой доской устанавливают на ГМС, где часто наблюдаются большие скорости ветра. Флюгер Вильда устанавливается в северной части метеоплощадки на металлической или деревянной мачте на высоте 10–12 м.

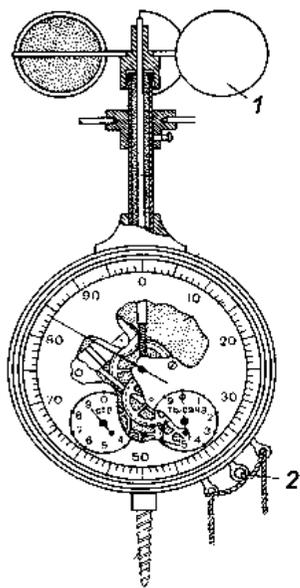


Рис. 5.3. Анемометр ручной чашечный МС-13.

Анемометр ручной чашечный МС-13 (рис. 5.3) применяется для измерения скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с (обычно за 10 мин). Чувствительным элементом этого прибора является небольшая вертушка 1 с четырьмя полусферическими чашками. Чашки соединены с колесом механического счетчика числа оборотов. Редуктор счетчика состоит из зубчатых колес и связан с тремя стрелками, которые при вращении вертушки перемещаются по трем шкалам. Центральная шкала имеет 100 делений с ценой деления три оборота. Один оборот центральной большой стрелки соответствует 300 оборотам вертушки. Малые шкалы имеют по 10 делений. Цена деления нанесена на шкалах: на левой 100 оборотов, на правой 1000 оборотов. Сбоку из корпуса выступает рычаг 2 арретира счетчика для включения и выключения прибора.

Анемометр устанавливают вертикально, плоской поверхностью корпуса параллельно направлению ветра, шкальной стороной к наблюдателю. Записывают показания всех трех стрелок. Через 20–30 с вращения чашек без включенного счетчика одновременно включают счетчик и секундомер и через заданное время (10 мин) выключают и записывают новые показания счетчика.

Разность показаний счетчика делят на число секунд, определяя среднее число делений в секунду. Среднюю скорость в метрах в секунду находят по градуировочной кривой или таблице, имеющейся в поверочном свидетельстве анемометра.

Анемометр ручной индукционный АРИ (рис. 5.4) позволяет измерять среднюю за 3–6 с скорость ветра в пределах от 2 до 30 м/с.

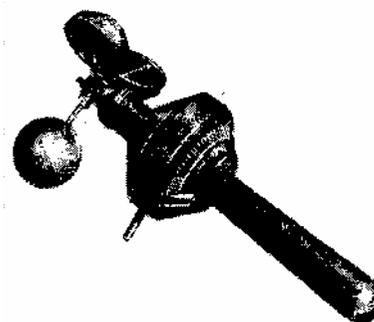


Рис. 5.4. Анемометр ручной индукционный АРИ.

Первичным преобразователем служит трехчашечная вертушка, посаженная на общую с магнитным тахометром ось. Анемометр собран в составном корпусе, в верхней части которого на подшипниках установлена ось. На верхнем конце оси укреплена трехчашечная вертушка, а на нижнем – вторичный преобразователь, представляющий собой магнитный тахометр. В нижней части корпуса имеется остеклованное окно, через которое видны шкала анемометра и стрелка.

На прибор навинчивается ручка, чтобы держать прибор во время измерений, или ручка заменяется переходной втулкой для установки прибора на мачте. Анемометр устанавливается на мачте высотой около 2 м, его также можно держать в руке, подняв над головой так, чтобы он свободно обдувался ветром. Анемометр должен быть повернут шкалой к наблюдателю. Отсчет нужно делать не ранее чем через 10 с, когда скорость вертушки установится.

### 5.3. Производство измерений характеристик ветра

Измерение характеристик ветра производится в 8 стандартных сроков: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 час. СГВ за 5 минут до срочного часа, если измерения делают по анеморумбометрам и за 10 минут до срочного часа, если измерения делают по флюгеру Вильда.

Порядок измерений по анеморумбометру М-63М-1  
Перед выходом на площадку следует:

- включить пульт нажатием кнопки «Скорость»;
- ручку «Средняя скорость» установить так, чтобы средняя скорость была зафиксирована за 10-минутный интервал, который начинается в 45 мин и заканчивается в 55 мин часа, предшествующего сроку;
- непосредственно перед выходом на площадку отсчитать значение максимальной скорости ветра по верхней шкале (0–60 м/с) и записать его как максимальную скорость между сроками;
- после снятия отсчета значения максимальной скорости поворотом ручки «Сброс V<sub>макс</sub>» против часовой стрелки совместить стрелки максимальной и мгновенной скоростей.

По возвращении с площадки:

- для измерения направления включить указатель направления и в течение 2 мин следить за колебаниями стрелки указателя направления, определяя ее среднее положение с точностью до 5° по шкале, соответствующей цвету индикаторной лампочки. Если в процессе измерения направления произойдет переключение шкал указателя, то наблюдения за промежутком времени меньше 1 мин (до или после переключения) отбрасывают, определяя среднее положение стрелки за большую часть 2-минутного интервала;
- отсчитывают значения средней скорости ветра за 10 мин и максимальной скорости (скорость ветра при порывах) за срок наблюдений, т.е. за период времени от снятия значений максимальной скорости перед выходом на площадку до отсчета средней скорости.

*Порядок измерений по анеморумбметру М-63М-1М:*

При производстве измерений прибором М-63М-1М кнопка «V<sub>мгн</sub>» должна быть включена постоянно, на световом табло высвечивается постоянно мгновенная скорость ветра.

Перед выходом на площадку следует:

- поставить ручку «Упреждение» так, чтобы зафиксировать среднюю скорость за 10-минутный интервал, который начнется в 45 мин и закончится в 55 мин часа, предшествующего сроку;
- включить кнопки «10» и «V<sub>средн. вкл</sub>»; нажать кнопку «V<sub>макс</sub>» и через 3 с отсчитать и записать значение максимальной скорости ветра между сроками;
- нажать кнопку «V<sub>макс. сброс</sub>», сбросить значение максимальной скорости ветра, тем самым приготовить прибор к измерению максимальной скорости ветра в срок наблюдения.

По возвращении с площадки:

- отсчитать направление ветра так же, как и при измерениях по анеморумбметру М-63М-1;

- отсчитать значение средней скорости ветра. После того как погаснет лампочка «Измерение», нажать кнопку «V<sub>средн</sub>» и через 3 с записать значение средней скорости ветра;
- нажать кнопку «V<sub>макс</sub>» и, выждав 3 с, отсчитать и записать значение максимальной скорости ветра в срок наблюдения (скорость ветра при порывах).

При значениях скорости ветра, близких к опасным, следует держать анеморумбметр включенным и постоянно вести наблюдения за мгновенной скоростью. Производя отсчеты по соответствующим шкалам, наблюдатель определяет моменты, когда максимальная или средняя скорость ветра достигает опасного значения, моменты усиления опасности явления, а также время окончания опасного явления. При наблюдениях над опасными значениями скорости ветра по прибору М-63М-1 или М-63М-1М наблюдатель определяет максимальную скорость за период времени до предыдущего ее измерения, среднюю скорость за 10 мин, максимальный порыв ветра за 10 мин и среднее направление за 2 мин. Выполнение измерений осуществляется следующим образом:

- отсчитывают по указателю максимальной скорости максимальную скорость ветра между сроками и, записав показания сбрасывают это значение;
- отсчитывают среднее направление ветра (с визуальным осреднением за 2 мин);
- после прекращения набора средней скорости ветра (через 10 мин после включения) отсчитывают среднюю скорость за 10 мин;
- по указателю максимальной скорости отсчитывают максимальную скорость в момент наблюдений (порыв) с осреднением за 2 мин.

*Порядок измерений по флюгеру Вильда:*

- для определения среднего направления ветра наблюдатель подходит к мачте, становится под указателем направления и, наблюдая за его колебаниями в течение 2 мин, глазомерно определяет румб, являющийся средним положением для этих колебаний. Отсчет направления производится по 16 румбам (по 8 штифтам и 8 промежуткам между ними). Если во время наблюдений (за 2 мин) направление изменялось несколько раз более чем на один румб и среднее направление установить нельзя, то оно считается переменным. В табл. 5.1 перечислены названия румбов и соответствующие им значения направления в градусах;
- для отсчета средней скорости ветра наблюдатель должен отойти от столба в направлении, перпендикулярном к положению флюгарки, и, наблюдая колебания доски в течение 2 мин, заметить

номер штифта или номера штифтов дуги, около которого или между которыми наблюдалось среднее положение доски за эти 2 мин. Одновременно отмечается и самое большое отклонение доски за эти же минуты. Номера штифтов считаются снизу вверх от 0 до 7. Штифт 0 совпадает с плоскостью доски при ее отвесном положении (при штиле); короткие штифты имеют нечетные номера, длинные – четные. Скорость ветра оценивается в зависимости от положения доски флюгера согласно табл. 5.2;

- значение максимальной скорости ветра в срок наблюдений (порыва) отсчитывается не по самому крайнему положению, которого доска достигает вследствие раскачивания, а по тому наиболее высокому положению, на котором доска удерживается хотя бы в течение 2 с и более.

Таблица 5.1

Название и обозначение румбов, их значения в градусах и соответствующие им цифры кода КН-01

Название	Обозначение		Градусы		Цифры кода
	русское	международное	от	до	
Штиль	-	-	-	-	00
Северо-северо-восток	ССВ	NNE	12	33	02
Северо-восток	СВ	NE	34	56	05
Востоко-северо-восток	БСВ	ENE	57	78	07
Восток	В	E	79	101	09
Востоко-юго-восток	ВЮВ	ESE	102	123	11
Юго-восток	ЮВ	SE	124	146	14
Юго-юго-восток	ЮЮВ	SSE	147	168	16
Юг	Ю	S	169	191	18
Юго-юго-запад	ЮЮЗ	SSW	192	213	20
Юго-запад	ЮЗ	SW	214	236	23
Западо-юго-запад	ЗЮЗ	WSW	237	258	25
Запад	З	W	259	281	27
Западо-северо-запад	ЗСЗ	WNW	282	303	29
Северо-запад	СЗ	NW	304	326	32
Северо-северо-запад	ССЗ	NNW	327	348	34
Север	С	N	349	11	36
Переменное	-	-	-	-	99

При наблюдении над опасными значениями скорости ветра наблюдатель определяет: среднюю скорость ветра; максимальную скорость ветра (порыв) в срок наблюдения; среднее направление.

Таблица 5.2

Скорость ветра по флюгеру

Качание доски флюгера	Скорость ветра (м/с, для флюгеров)		Качание доски флюгера	Скорость ветра (м/с, для флюгеров)	
	с легкой доской	с тяжелой доской		с легкой доской	с тяжелой доской
Около штифта 0	0	0	Около штифта 4	8	16
Между штифтами 0 и 1	1	2	Между штифтами 4 и 5	9	18
Около штифта 1	2	4	Около штифта 5	10	20
Между штифтами 1 и 2	3	6	Между штифтами 5 и 6	12	24
Около штифта 2	4	8	Около штифта 6	14	28
Между штифтами 2 и 3	5	10	Между штифтами 6 и 7	17	34
Около штифта 3	6	12	Около штифта 7	20	40
Между штифтами 3 и 4	7	14	Между штифтами 7 и 8	> 20	> 40

В исключительных случаях при выходе из строя ветроизмерительных приборов данные по ветру должны быть восполнены визуальными наблюдениями.

Скорость ветра оценивается по той силе, с какой действует ветер на предметы. Для этого пользуются условной шкалой Бофорта. Для оценки направления ветра используются любые косвенные признаки, позволяющие произвести эту оценку. Направление ветра, например, можно наблюдать по дыму, движению легких предметов в воздухе, наклону травы, ветвей, деревьев. При визуальной оценке скорости и направления ветра наблюдения необходимо проводить в течение 2 мин.

#### 5.4. Запись и обработка результатов измерений

Измеренные по М-63М-1 значения характеристик ветра записываются в книжку К.М-1: в строку «Направление – скорость» – направление ветра в градусах и значение средней скорости за 10 мин, в строку «Макс. порыв» – максимальная скорость (скорость ветра при порывах) и через косую черту – максимальная скорость между сроками. При штиле в графу «Ветер» записывается слово «Штиль» (Приложение 1).

При наблюдении за опасными значениями скорости ветра в срок наблюдений в книжке КМ-1 в качестве максимальной скорости между сроками следует указать либо зафиксированное прибором максимальное значение за остаток времени от момента наблюдения

за опасным явлением до срока, либо записанное максимальное значение скорости ветра между предыдущим сроком и моментом наблюдения за опасным явлением в зависимости от того, которое из них больше.

Измеренные по флюгеру значения характеристик ветра записываются в книжку КМ-1: в строку «Направление – скорость» – направление ветра (русскими буквами) и средняя скорость, тип флюгера, по которому велись наблюдения (л – с легкой доской, т – с тяжелой доской), номер штифта и скорость ветра в метрах в секунду. В строке «Макс. порыв» отмечается максимальное положение (номер штифта и скорость в метрах в секунду), которое занимала доска флюгера во время наблюдений.

При визуальной оценке скорости и направления ветра наблюдения записываются в книжку КМ-1 в строку «Ветер». Направление ветра, как и в случае наблюдений по флюгеру, записывается принятыми буквенными обозначениями. Данные о скорости ветра записываются в баллах согласно шкалы Бофорта с прибавлением буквы «б» (бесприборное); рядом с баллом в скобках проставляется соответствующая отмеченному баллу средняя скорость ветра в метрах в секунду.

### 5.5. Контрольные вопросы

1. Как называются приборы, предназначенные только для измерения скорости ветра; скорости и направления ветра; для регистрации скорости и направления ветра?
2. Каков порядок измерений характеристик ветра с помощью анеморумбометра М-63-М1 и флюгера Вильда?
3. Назовите пределы измерения скорости ветра флюгером Вильда: а) с легкой доской; б) с тяжелой доской.
4. За сколько минут до срока производятся наблюдения за характеристиками ветра?
5. Какие характеристики ветра определяются на ГМС при наблюдениях по срокам?

## 6. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ И НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ

### 6.1. Методы измерения

Подстилающая поверхность – это поверхность земли (почвы), растительности, снега, льда, и т.д., которая, непосредственно взаимодействуя с атмосферой, поглощает солнечную и атмосферную ра-

диацию и излучает ее в атмосферу, участвуя в процессах тепло- и влагообмена и регулируя термический режим почвы.

Термический режим почвы зависит, кроме того, от теплофизических характеристик почвы, ее механического состава и других факторов. Степень прогрева почвы характеризуется температурой.

Метод измерения температуры почвы и грунта на глубинах под естественным покровом основан на применении термометров, установленных на поверхности почвы и на заданных глубинах. Чувствительный элемент каждого термометра находится в тепловом равновесии с почвой и грунтом на глубине установки.

На ГМС проводят наблюдения за температурой поверхности почвы, температурой почвы на глубинах на участке без растительного покрова и грунта на различных глубинах под естественным покровом, а также за состоянием подстилающей поверхности.

### 6.2. Основные приборы для измерения температуры почвы и грунта

1. Для измерения температуры на поверхности почвы используют *метеорологический максимальный термометр ТМ1* для измерения максимальной температуры и *метеорологический минимальный термометр ТМ2* для измерения минимальной температуры между сроками наблюдений, а также *термометр ТМ3* для измерения температуры поверхности почвы или снежного покрова в срок наблюдений (*срочный*). Их технические характеристики описаны в работе № 3.

2. Для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15, 20 см предназначены *термометры ртутные метеорологические коленчатые (Савинова)* (рис. 6.1). Они выпускаются по четыре термометра, отличающиеся длиной (290, 350, 450, 500 мм) за счет разной длины подшкальной части. Цена деления шкалы 0,5°C, пределы шкалы от –10 до 50°C. Вблизи резервуара термометр изогнут под углом 135°C. Капилляр на участке от резервуара до начала шкалы покрыт теплоизоляционной оболочкой, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и обеспечивает более точное измерение температуры на глубине, где установлен резервуар.

3. Для измерения температуры почвы и грунта на глубинах от 20 до 320 см ис-

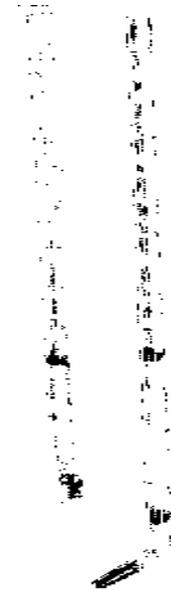


Рис. 6.1. Термометры ртутные метеорологические коленчатые (Савинова).

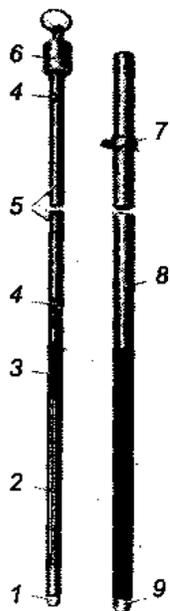


Рис. 6.2. Термометр с шестом и труба почвенно-вытяжной установки.

пользуются установки с почвенно-вытяжными термометрами – ТПВ-50. Для измерения температуры на каждой глубине в установках применяется почвенно-глубинный термометр; это ртутный метеорологический термометр с ценой деления 0,2°С. Установка состоит из восьми или пяти одинаковых устройств (сборок). Сборка, состоящая из двух частей (шест с термометром и винипластовая труба), показана на рис. 6.2. Термометр 2 помещен в винипластовую оправу 3. В оправу вокруг резервуара термометра насыпают медные опилки, обеспечивая тем самым его тепловой контакт с металлическим колпачком 1 оправы, а также увеличивая термическую инерцию термометра, что необходимо для сохранения показаний термометра во время производства отсчетов. Оправа 3 с термометром укреплена на деревянном шесте 5, на другом конце которого надет колпачок 6 с кольцом. Длина шеста определяется в зависимости от глубины, на которую устанавливается термометр. Шест с укрепленным на нем термометром в оправе опускается в эбонитовую трубу 8, закрытую с нижнего конца металлическим колпачком 9. На нижнюю часть трубы надевается металлический хомут 7 с тремя ушками для оттяжек, которыми крепится труба при установке. Труба 8 закапывается в землю на такую глубину, на которой измеряется температура. На шесте в нескольких местах укреплены войлочные кольца 4, препятствующие обмену воздуха в трубе. Когда шест с термометром опущен в трубу, дно оправы должно касаться металлического дна стаканчика трубы. Только в этом случае можно получить правильные значения температуры почвы на глубине. Труба покрывается масляной краской; часть, погружаемая в землю, окрашивается в зеленый цвет, а часть, выступающая над почвой – в белый (для меньшего нагрева от радиации).

4. *Термометр-щуп походный почвенный – АМ-6* (рис. 6.3) предназначен для измерения температуры почвы в пахотном слое на глубинах от 3 до 40 см. Он состоит из термометра и оправы. Термометр толуоловый с пределами шкалы от 0 до +60°С. Цена деления 1°С. Оправа обеспечивает возмож-

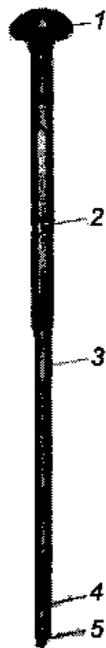


Рис. 6.3. Термометр-щуп походный почвенный.

ность погружения термометра в почву на нужную глубину. На нижнем конце оправы 3 с помощью втулки 4 из термоизоляционного материала укрепляется металлический наконечник 5. Вверху оправы имеется рукоятка 1, с помощью которой погружают и извлекают термометр с оправой из почвы. Термометр 2 закреплен в оправе с помощью резиновых прокладок, изоляционной ленты и пружины. Его шкала находится против продольного окна оправы, а его резервуар – внутри полости наконечника.

Для обеспечения теплового контакта резервуара термометра с наконечником свободное пространство между его стенками и резервуаром заполняется медными опилками. На оправе, на противоположной окну стороне, нанесены сантиметровые деления с оцифровкой через каждые 5 см; нуль шкалы совпадает с местом расположения резервуара термометра. Термометр в оправе имеет достаточно большую инерцию, и поэтому измерение температуры (отсчет по термометру) производят не менее чем через 6 мин после его погружения.

### 6.3. Производство наблюдений

Измерения температуры на поверхности почвы и различных глубинах производятся в каждый срок наблюдения за 20 мин до срочного часа.

1. *Наблюдения за температурой поверхности почвы и снежного покрова* производятся в течение всего года на метеорологической площадке (МП). Для установки термометров в южной части МП на незатеняемом месте выбирается участок размером 4х6 м. Каждый год ранней весной участок перекапывается до глубины 25–30 см, выравнивается и разрыхляется. Поверхность участка должна быть на одном уровне с метеорологической площадкой.

При установке термометров выполняют следующие условия:

- термометры устанавливаются в середине оголенного участка, тщательно разрыхленного и выровненного, на расстоянии 5–6 см один от другого резервуарами к востоку в следующем порядке: первый с севера – термометр для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова (срочный термометр); второй – минимальный термометр; третий – максимальный термометр;
- срочный и минимальный термометры укладываются строго горизонтально, а максимальный термометр – с небольшим наклоном в сторону резервуара;
- резервуары и внешняя оболочка термометров погружаются наполовину в почву, но не покрываются землей;

- перед термометрами на время производства наблюдений устанавливается реечный настил;
- в зимнее время термометры устанавливаются на снегу согласно вышеперечисленным правилам;
- при температуре поверхности почвы или снежного покрова  $-35^{\circ}\text{C}$  ртутные термометры убирают в помещение, отмечая в книжке КМ-1, когда термометры сняты и когда вновь установлены;
- летом необходимо следить, чтобы минимальный термометр не вышел из строя из-за нагревания солнечной радиацией. Для этого в ясные дни после утреннего срока наблюдения его убирают с площадки, предварительно отсчитав показания по штифту и спирту и записав в КМ-1. Вновь термометр устанавливают за 15–20 мин до срока, ближайшего к 20 ч поясного декретного (зимнего) времени.

*Порядок отсчетов температуры поверхности почвы:*

- для снятия отсчетов подходить к термометрам нужно только с северной стороны по реечному настилу; при отсчетах нельзя снимать термометры с места;
- температура отсчитывается с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ , сначала по срочному термометру, затем по спирту и штифту минимального термометра и по максимальному термометру. После этого встряхивают максимальный термометр и отсчитывают его показания после встряхивания, спирт минимального термометра подводят к поверхности спирта. Отсчеты по срочному термометру, спирту минимального и максимального после встряхивания термометров в один и тот же срок не должны различаться более чем на  $0,2^{\circ}\text{C}$ ;

*Обработка и запись результатов измерений температуры поверхности почвы*

Показания термометров записываются с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$  в книжку КМ-1 в строки, отведенные для раздела «На поверхности почвы» в следующем порядке (Приложение 1):

- в строку «Термометр для поверхности» записывается показание срочного термометра;
- в строки «Спирт», «Штифт» записываются показания минимального термометра по спирту и штифту;
- в строки «Отсчет», «После встряхивания» записываются показания максимального термометра;
- поправки к отсчетам не вводятся.

**2. Измерение температуры почвы на глубинах на участке без растительного покрова** производят на обрабатываемом участке, свободном от растительного покрова, на глубинах 5, 10, 15, 20 см в единые синхронные сроки, 8 раз в сутки. При производстве наблюдений применяются коленчатые термометры Савинова.

При производстве измерений соблюдаются следующие условия:

- наблюдения за температурой на обрабатываемом участке почвы производятся только в теплую половину года, начиная сразу после схода снежного покрова;
- коленчатые термометры Савинова устанавливаются на метеорологической площадке на обрабатываемом участке почвы на глубинах 5, 10, 15, 20 см в один ряд по линии с востока на запад в середине участка, к западу от термометров для измерения температуры поверхности почвы на расстоянии 20–30 см от них;
- правильно установленные термометры должны располагаться в одной плоскости, которая наклонена к поверхности почвы под углом  $45^{\circ}$ ;
- осенью при понижении температуры на глубине 5 см ниже  $0^{\circ}\text{C}$  термометры осторожно выкапывают и убирают на зиму.

*Порядок измерений по термометрам Савинова и их обработка:*

- убедиться в целостности шкалы и правильности установки термометров;
- произвести отсчеты по термометрам, начиная с термометра, установленного на глубине 5 см с точностью  $0,1^{\circ}\text{C}$ ;
- результаты измерений записываются в книжку КМ-3 в графу «Отсчет», соответствующую сроку наблюдения; к каждому отсчету термометра вводится поправка и записывается в графу «Поправка»; исправленное показание – в графу «Исправленная величина» (Приложение 3).

**3. Измерение температуры почвы и грунта на глубинах 0,80; 1,20; 1,60; 2,40; 3,20 м под естественным покровом** производят в течение всего года один раз в сутки в срок, ближайший к 14 ч поясного декретного (зимнего) времени, а на глубинах 0,20 и 0,40 м в теплую половину года в единые синхронные сроки.

При производстве измерений соблюдаются следующие условия:

- наблюдения за температурой почвы и грунта на глубинах под естественным покровом производят на ровном незатеняемом участке размером 6x8 м, который располагается к востоку от участка с оголенной поверхностью;
- вытяжные термометры устанавливаются в один ряд по линии с востока на запад на расстоянии 50 см один от другого на глубинах 0,20; 0,40; 0,80; 1,20; 1,60; 2,40; 3,20 м в порядке возрастания глубин;

- с северной стороны от вытяжных термометров устанавливается речный помост;

- высота травяного покрова около вытяжных термометров должна быть скошена; в зимнее время снежный покров не должен нарушаться.

*Порядок измерений и обработка результатов:*

- перед измерениями произвести внешний осмотр приборов;
- вытащить за кольцо из трубы деревянный стержень с термометром и, придерживая термометр за оправу, сделать отсчет по термометру с точностью до 0,1°C; при производстве отсчетов нельзя касаться металлического наконечника оправы термометра; опустить термометр обратно в трубу;

- зимой в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного времени, отсчитать высоту снежного покрова по рейке, установленной на МП у почвенных термометров;

- результаты измерений записываются в книжку КМ-3 в графу «Отсчет». К отсчету вводится поправка и записывается исправленная величина (Приложение 3).

**4. Наблюдения за состоянием подстилающей поверхности** производятся визуально 1 раз в сутки в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного (зимнего) времени. При полном отсутствии снежного покрова и в случаях, когда снегом покрыто не более 0,1 видимой окрестности станции, наблюдения за состоянием поверхности почвы производятся на оголенном участке, где устанавливаются термометры для измерения температуры поверхности почвы или на прилегающей к метеорологической площадке местности. Если снегом покрыто более 1 балла видимой окрестности (при этом на площадке снега может не быть), наблюдения производятся на прилегающей к ГМС местности.

*Состояние поверхности почвы без снежного покрова* оценивается согласно табл. 6.1, которая соответствует таблице значений Е' кода КН-01. Состояние поверхности почвы, кодируемое цифрами 0, 1, 2, 4, определяется по оголенному участку, остальные цифры таблицы используются для оценки состояния поверхности почвы на окружающей метеорологическую площадку местности.

*Состояние поверхности почвы при наличии снежного покрова* оценивается согласно табл. 6.2, которая соответствует таблице значений Е' кода КН-01.

Таблица 6.1

Состояние подстилающей поверхности без снежного покрова (Е)

Цифра кода КН-01	Состояние поверхности почвы	Запись в книжке КМ-1
0	Поверхность почвы сухая (без трещин, заметного количества пыли и сыпучего песка)	Сухая
1	Поверхность почвы влажная (без луж)	Влажная
2	Поверхность почвы сырая (вода застаивается на поверхности и образует малые или большие лужи)	Сырая
3	Поверхность почвы затоплена водой	Вода
4	Поверхность почвы замерзшая	Замерзшая
5	Поверхность почвы покрыта коркой льда, но без снега или тающего снега	Лед
6	Поверхность почвы частично покрыта сухой пылью или сыпучим песком	Пыль (песок)
7	Поверхность почвы полностью покрыта тонким слоем сухой пыли или сыпучего песка	То же
8	Поверхность почвы полностью покрыта умеренным или толстым слоем сухой пыли или сыпучего песка	„
9	Поверхность почвы чрезвычайно сухая с трещинами	Сухая

Таблица 6.2

Состояние подстилающей поверхности при наличии снежного покрова (Е)

Цифра кода КН-01	Состояние поверхности снежного покрова	Запись в книжке КМ-1
0	Лед, в основном покрывающий поверхность земли	Лед
1	Слежавшийся или мокрый снег (со льдом или без него), покрывающий менее половины поверхности земли	Слежавшийся снег (мокрый снег)
2	Слежавшийся или мокрый снег (со льдом или без него), покрывающий половину или более половины поверхности земли (но не полностью)	То же
3	Равномерный слой слежавшегося или мокрого снега, покрывающий поверхность земли полностью	„
4	Неравномерный слой слежавшегося или мокрого снега, покрывающий поверхность земли полностью	„
5	Сухой рассыпчатый снег, покрывающий менее половины поверхности земли	Сухой снег
6	Сухой рассыпчатый снег, покрывающий половину или более половины поверхности земли (но не полностью)	То же
7	Равномерный слой сухого рассыпчатого снега, покрывающий поверхность земли полностью	„
8	Неравномерный слой сухого рассыпчатого снега, покрывающий поверхность земли полностью	„
9	Снег с глубокими сугробами, заносами, покрывающий поверхность земли полностью	Сугробы

*Обработка и запись результатов наблюдений за состоянием подстилающей поверхности:* результат наблюдений записывается на пятую страницу книжки КМ-1 в графу «Состояние поверхности почвы или снега» словом и цифрой кода КН-01. Например: сухой снег 7; пыль 8.

#### 6.4. Контрольные вопросы

1. Что такое подстилающая поверхность?
2. За какими характеристиками почвы наблюдают на ГМС?
3. Какие приборы применяют при измерении температуры почвы?
4. Каков порядок наблюдений за температурой на поверхности почвы и снежного покрова?
5. Каков порядок наблюдений за температурой почвы на глубинах на оголенном участке?
6. Назовите порядок наблюдений за температурой грунта на различных глубинах.

## 7. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОБЛАЧНОСТЬЮ

### 7.1. Методы наблюдения

Облака представляют собой системы взвешенных в атмосфере частиц воды в жидкокапельном или твердом (кристаллическом) состоянии, которые являются продуктами конденсации водяного пара. Внешний вид облаков определяется характером и интенсивностью процессов облакообразования, а также зависит от интенсивности освещения облаков.

При наблюдениях за облаками определяют: количество облаков (облачность); формы облаков; высоту нижней границы облаков.

*Количество облаков (облачность)* определяется суммарной долей небосвода, которая закрывается облаками, от всей видимой поверхности небосвода. Количество облаков оценивается в баллах; 1 балл составляет 0,1 часть всего небосвода.

*Формы облаков* определяются по внешнему виду в соответствии с принятой классификацией облаков. Типичные виды форм и их названия даны в Атласе облаков.

*Высота нижней границы облаков* измеряется как расстояние от поверхности земли до основания облака. Измерение высоты нижней границы облаков (ВНГО) производится, если облака (их нижние основания) расположены не выше 2500 м над уровнем моря. Если облака расположены на разных уровнях и высоту самых низких обла-

ков не удалось измерить инструментально, необходимо дополнительно оценить ее визуально.

Измерения высоты нижней границы облаков могут производиться следующими методами:

- с помощью шаров-пилотов – по времени, прошедшему от момента выпуска шара, поднимающегося с известной вертикальной скоростью, до момента вхождения его в облачность. ВНГО определяется по формуле (7.1):

$$H = W\tau, \quad (7.1)$$

где  $H$  – высота нижней границы облаков, м;  $W$  – вертикальная скорость шара-пилота, м/мин;  $\tau$  – время, мин.

- триангуляционным методом – по углу, под которым видно световое пятно от прожектора на облаке. Прожектор устанавливается на известном расстоянии (базе) от угломерного устройства (теодолита). Расчет производится путем решения уравнения 7.2:

$$H = L \sin \alpha, \quad (7.2)$$

где  $L$  – длина базы, м;  $\alpha$  – угол, под которым видно световое пятно (отсчитывается по теодолиту), град;

- с помощью электронно-оптических дальномерных установок ИВО-1М и РВО-2. В основу метода положен светолокационный принцип, т.е. по времени прохождения световым импульсом расстояния от передатчика до НГО и обратно до приемника, используя соотношение (7.3), определяется ВНГО:

$$H = \frac{C\tau}{2}, \quad (7.3)$$

где  $C$  – скорость светового импульса ( $C = 3 \cdot 10^8$  м/с);  $\tau$  – время между моментами излучения и приема светового импульса, с.

### 7.2. Определение количества облаков

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

Количество облаков по всему видимому небосводу оценивается визуально по 10-балльной шкале. При отсутствии облаков количество облаков оценивается 0 баллов. Если облаками занята 0,1 часть небосвода, количество облаков оценивается 1 баллом, 0,3–3 баллами и т.д. При полном покрытии небосвода количество облаков оценивается 10 баллами. Примеры записи количества облаков приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Примеры записи количества облаков в книжку КМ-1

Характер покрытия небосвода	Вид записи
Все небо покрыто облаками, но облаков нижнего яруса нет	10/0
Все небо покрыто облаками нижнего яруса	10/10
Облаков на небе нет	0/0
Облака покрывают 0,8 площади неба, в том числе облаками нижнего яруса покрыто 0,6 площади неба	8/6

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

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

### 7.3. Определение форм облаков

Определение форм облаков, их видов и разновидностей производится для всех облаков, имеющих на небосводе, когда они по количеству составляют 0,5 балла и более, и начинают с тех, которые занимают наибольшую часть небосвода, а затем переходят к следующим в порядке убывания из видимого количества.

При определении формы облаков пользуются морфологической классификацией, в соответствии с которой в зависимости от их внешнего вида и структуры выделено 10 основных форм облаков (табл. 7.2). Основные разновидности облаков отражают специфические особенности их образования, внешнего вида или связанного с этой разновидностью атмосферного явления. Подробные характеристики каждого вида и разновидности даны в Атласе облаков, которым необходимо руководствоваться при определении форм, видов и разновидностей облаков, принимая во внимание не только внешний вид облака и сходство его с одной из фотографий Атласа, но учитывая и дополнительные признаки, характеризующие его форму, высоту и строение.

В зависимости от высоты облака разделяют на три яруса:

- облака верхнего яруса – выше 6000 м;
- облака среднего яруса, их нижняя граница лежит между 2000 и 6000 м;

- облака нижнего яруса, их нижняя граница расположена ниже 2000 м и может начинаться от поверхности земли. К облакам нижнего яруса относят также и облака, занимающие по вертикали несколько ярусов, но основание которых лежит в нижнем ярусе (Cu cong., Cb). Такие облака выделяются в особую группу облаков вертикального развития.

Таблица 7.2

Основные формы облаков и их краткая характеристика  
(по международной классификации)

Форма и обозначение	Описание внешнего вида	Высота нижней границы, км	Мощность $\Delta H$ , км	Микроструктура	Осадки и другие явления
<b>Облака верхнего яруса, <math>H \geq 6</math> км</b>					
1. Перистые Cirrus (Ci)	Отдельные белые волкнистые облака, обычно тонкие и прозрачные. Хорошо просвечивают Солнце, Луна, звезды и голубое небо	7 – 10	Сотни метров – несколько км	Кристаллические	Осадки не достигают поверхности земли
2. Перистокучевые Cirrocumulus (Cc)	Белые тонкие облака, состоящие из очень мелких волн, хлопьев или ряби. Хорошо просвечивают Солнце, Луна, звезды и голубое небо	6 – 8	0,2 – 0,4	Кристаллические	Осадков не дают
3. Перистослоистые Cirrostratus (Cs)	Белая или голубоватая тонкая однородная пелена. Просвечивают Солнце, Луна и крупные звезды	6 – 8	0,1 – несколько км	Кристаллические	Осадки не достигают поверхности земли
<b>Облака среднего яруса, <math>2 \leq H &lt; 6</math> км</b>					
4. Высококучевые Altocumulus (Ac)	Белые, сероватые или синеватые облака в виде волн, гряд, хлопьев, пластин, обычно с просветами голубого неба	2 – 6	0,2 – 0,7	Чаще капельные, иногда смешанные, редко кристаллические	Осадков не дают
5. Высокослоистые Altostratus (As)	Серая или синеватая однородная пелена, не имеющая волнообразной правильной структуры. Солнце и Луна просвечивают как сквозь матовое стекло	3 – 5	1 – 2	Равновероятно смешанные или кристаллические, редко капельные	Дают слабые или умеренные осадки

Продолжение табл. 7.2

<b>Облака нижнего яруса, НГ &lt; 2 км</b>					
6. Слоисто-кучевые Stratus (Sc)	Серые облака, состоящие из крупных гряд, волн, пластин, разделенных просветами или сливающимися в сплошной волнистый покров. Солнце и Луна обычно не просвечивают	0,6 – 1,5	0,2 – 0,8	В основном капельные, иногда смешанные	Осадки как правило не выпадают
7. Слоистые Stratus (St)	Однородный слой серого цвета, сходный с приподнятым туманом. НГ часто разорвана и клочковата. Солнце и Луна не просвечивают	0,1 – 0,7	0,2 – 0,8	В основном капельные, иногда смешанные	Осадки как правило не выпадают
8. Слоисто-дождевые Nimbostratus (Ns)	Темно-серый облачный слой, при осадках однородный, в перерывах заметна неоднородность. Солнце и Луна не просвечивают	0,1 – 1,0	1 – 5	В основном смешанные, реже капельные или кристаллические	Дают обложной дождь или снег
<b>Облака вертикального развития, НГ &lt; 2 км</b>					
9. Кучевые Cumulus (Cu)	Отдельные белые куполообразные облака или их скопления с плоскими основаниями. Могут напоминать горы в предгрозовой стадии	0,8 – 1,5		Капельные	Осадки как правило не выпадают
10. Кучево-дождевые Cumulonimbus (Cb)	Белые, синеватые или темные горообразные отдельные облака или их скопления большой вертикальной мощности	0,4 – 1,0	До 5 км и более	Внизу капельные, вверху смешанные или кристаллические	Дают ливневые осадки, град. Возможна гроза

Указанные пределы высот по ярусам относятся к условиям равнинной местности умеренных широт. Эти пределы следует рассматривать как ориентировочные, так как фактическая высота облаков одной и той же формы непостоянна и может несколько меняться в зависимости от характера процесса образования и местных условий.

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

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

#### 7.4. Определение количества и формы облаков в особых условиях

##### *Наблюдения в темную часть суток*

Для того чтобы с достаточной достоверностью производить наблюдения за количеством и формами облаков в темную часть суток, необходимо:

- следить за всеми изменениями облачности, особенно после захода солнца, учитывая, что одни и те же формы облаков в светлое и темное время суток часто выглядят неодинаково и если характер облачности устойчив и формы облаков меняются медленно, то эти предварительные наблюдения могут оказать помощь при определении облачности ночью;
- руководствоваться видимостью звезд, т.е. считая покрытыми облаками те части неба, где звезд не видно. Однако при этом надо иметь в виду, что существуют тонкие облака (Ci, Cs, и др.), сквозь которые звезды хорошо просвечивают, но могут образовываться гало, венцы;
- низкие сплошные облака (St, St fr., Sc и др.) могут быть определены по их освещению наземными источниками света. На нижней поверхности этих облаков бывает хорошо заметно зарево от освещения, но на облаках среднего яруса, даже плотных, освещения облаков наземными огнями не наблюдается;
- наблюдать за характером и видом осадков, за оптическими явлениями в облаках.

##### *Наблюдения на горных станциях*

В основном наблюдения за облаками на горных станциях производят так же, как и на равнине, но существуют некоторые особенности:

- так как в горах облака верхнего и среднего ярусов нередко оказываются на высотах, меньших, чем на равнинных станциях, нельзя по этому признаку относить их к другому ярусу;
- особо следует отличать облака, лежащие ниже уровня станции. Оценивая их количество, пространство, занятое горными пиками, возвышающимися над облачным покровом, необходимо учитывать как занятое облаками.

Высокогорные ГМС могут привлекаться к дополнительным наблюдениям в тех случаях, когда:

- основания облаков расположены ниже уровня, а вершины выше, и станция находится вне облаков, так что их можно наблюдать со стороны;
- вершины облаков находятся ниже уровня станции.

В этих случаях кроме количества и формы облаков еще определяют высоту над уровнем моря их верхней и нижней границы, а также дают описание вершин облаков, пользуясь терминологией, принятой для этой цели в коде КН-01. При этом за высоту нижней границы облаков принимается высота еще видимого ориентира, вблизи которого проходит облако, а за высоту верхней границы облаков – высота ориентира, верхняя граница которого ближе всего подходит к верхней границе облака.

Если ГМС привлечена к наблюдениям за облаками вертикального развития, за состоянием облачности над горами и перевалами, дополнительно определяется указанная облачность, ее состояние и изменения, происшедшие с ней между сроками.

### 7.5. Измерение высоты нижней границы облаков

Измерение высоты нижней границы облаков производят как инструментально, так и визуально.

*Инструментальное определение* высоты нижней границы облаков, которое нашло широкое применение на ГМС, основано на измерении времени прохождения импульсом света расстояния от излучателя до нижней границы облака и обратно до приемника и осуществляется с помощью светолокационной установки ИВО-1М.

*Измеритель высоты нижней границы облаков ИВО-1М* (рис. 7.1) состоит из датчика и приемника световых импульсов, пульта управления с индикаторно-измерительным устройством и комплекта соединительных кабелей. Датчик и приемник импульсов устанавливаются в месте измерений, а пульт управления – в помещении, удаленном от них не более

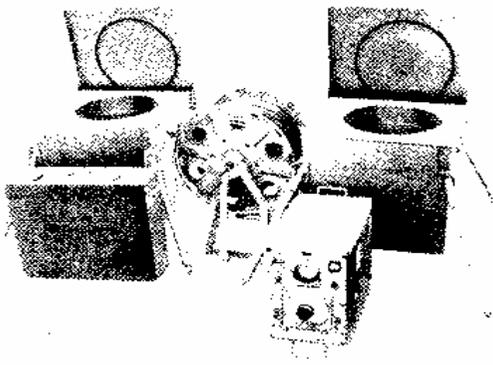


Рис. 7.1. Датчик и приемник ИВО-1М.

чем на 150 м. ИВО-1М обеспечивает возможность измерения высоты нижней границы облаков в пределах от 30 до 1000 м в любое время суток при наличии облачности непосредственно над местом установки прибора, при любой температуре атмосферного воздуха, кроме тумана и выпадения осадков.

*Производство наблюдений:*

- включить питание прибора;
- открыть крышки излучателя и приемника;
- убедиться, что на пульте загорелась сигнальная лампочка, в противном случае проверить положение механических разъединителей на боковых стенках излучателя – они должны быть установлены в положение «Автом.»;
- дать аппаратуре прогреться в течение 2–3 мин;
- убедиться, что ручка АРУ-РРУ стоит в положении АРУ (автоматическая регулировка усиления);
- установить достаточную яркость луча на экране трубки, не допуская при этом его расфокусировки (при необходимости отрегулировать);
- убедиться по показаниям контрольного прибора, что напряжение в сети в пределах нормы.

При измерении нижней границы облаков необходимо выполнить следующие операции:

- нажать кнопку возвратного тумблера;
- середину переднего фронта развертки импульса, появившегося на экране, совместить с вертикальной риской на экране трубки, вращая кнопку возвратного тумблера; отпустить кнопку;
- сделать отсчет высоты облаков по положению указателя относительно шкалы высот в метрах;
- закрыть крышки приемника и передатчика, для чего тумблер перевести в положение «Закр.» и через 20–30 с (время опускания крышек) тумблер поставить в положение «Выкл.», т.е. выключить питание прибора.

Время отдельного измерения (в течение которого кнопка нажата) не должно превышать 10–15 с во избежание сокращения срока службы импульсной лампы. Во время измерения высоты облаков нужно одновременно контролировать по измерительному прибору частоту вспышек импульсной лампы излучателя (стрелка прибора должна находиться в середине сектора) и в случае необходимости с помощью потенциометра, расположенного на боковой стенке под крышкой, регулировать частоту вспышек лампы.

*Визуальное определение* высоты облаков применяется при отсутствии на станции прибора ИВО-1М, а также в случае, если нижняя

граница самых низких облаков не находится точно над пунктом измерения. Умение оценивать высоту облаков «на глаз» достигается путем многократного сравнения глазомерных оценок с результатами измерений.

При визуальной оценке высоты облаков наблюдателю необходимо:

- при определении высоты следует брать участок облаков, расположенный выше 45° над горизонтом, но такой, чтобы сильно не напрягать зрение;
- смотря невооруженным глазом на нижнюю поверхность облака выбрать на нем какой-либо рельефный, выделяющийся на общем фоне участок или точку, и, переводя глаза с наблюдаемого облака на предметы, расстояния до которых известны, определяют высоту этого участка облака. Так, если вблизи ГМС имеются возвышенности, высокие здания, радиомачты и т.п., то о высоте облаков можно судить по закрытию верха этих предметов; если облака настолько близки к поверхности земли, что почти касаются верхушек леса, зданий и т.п., то их отмечают как находящиеся на высотах менее 50 м.

### 7.6. Запись результатов наблюдений

*Количество облаков* записывается в книжку КМ-1 в баллах: сначала общее количество, затем количество облаков нижнего яруса (см. табл. 7.1). Если количество облаков менее 0,5 балла, то записывается количество 0 баллов, форма облаков и в скобках делается пометка «сл.» следы. Запись имеет вид: 0/0 Cu (сл.) (Приложение 1).

*Формы облаков* записываются в книжку КМ-1 следующим образом:

- отдельно по ярусам, причем облака каждого яруса записываются в порядке убывания их количества;
- сокращенными обозначениями, указанными в «Атласе облаков» и в табл. 7.2;
- при отсутствии облаков нижнего яруса в строке для облаков среднего яруса следует указывать еще и количество облаков среднего яруса;
- при переходе одной формы облаков в другую записываются названия обеих облачных форм, причем название менее характерной формы заключается в скобки. Например: если As trans. уплотняются и снижаются, переходя в Sc trans., но все же более близка к As, то следует записать: As (Sc) trans.

Результаты *определения высоты облаков* записываются в книжку КМ-1 в строку «Высота нижней границы облаков» с обязательным указанием в этой строке формы облаков, высота которых

была определена, и с указанием способа определения (ИВО, гл. – глазомерно). Высота облаков записывается с округлением до 50 м.

### 7.7. Контрольные вопросы

1. Какие характеристики облачности наблюдаются на ГМС?
2. Как оценивается степень покрытия небосвода облаками?
3. Перечислите условные обозначения облаков верхнего, среднего и нижнего ярусов.
4. На каком принципе основана работа измерителя высоты облаков (ИВО-1М)?
5. Каков порядок определения ВНГО с помощью ИВО-1М?

## 8. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА АТМОСФЕРНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ

### 8.1. Методы наблюдения за атмосферными явлениями

Наблюдения за атмосферными явлениями, происходящими на ГМС, осуществляются в пределах видимой окрестности. Наблюдения включают в себя: вид атмосферного явления; время начала и окончания, продолжительность атмосферного явления; интенсивность атмосферного явления; состояние погоды в срок и между сроками наблюдений.

*Вид атмосферного явления* определяется визуально по внешним признакам явления в соответствии с перечнем и описанием явлений, составленных на основании классификации, принятой Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

*Время начала и окончания явления* отмечается по среднему гринвичскому времени; продолжительность атмосферного явления определяется как разница между временем начала и окончания явления в течение метеорологических суток.

*Интенсивность атмосферного явления* определяется визуально по внешним признакам явления с учетом общего состояния погоды.

*Состояние погоды* определяется по непрерывным наблюдениям за атмосферными явлениями с учетом изменений в состоянии неба в соответствии с таблицами кода КН-01.

### 8.2. Классификация и описание атмосферных явлений

Атмосферные явления, за которыми производятся наблюдения на ГМС, разделяются на следующие группы:

- *гидрометеоры*, которые представляют собой скопление жидких или твердых частиц воды, падающих в атмосфере (осадки, выпадающие на земную поверхность), взвешенных в ней (туманы), отлагающихся на предметах, на поверхности земли или в атмосфере (осадки, образующиеся на поверхности) или поднятых ветром с поверхности земли (метели);

- *литометеоры*, представляющие собой скопление твердых частиц (не водных), которые поднимаются с поверхности земли ветром и переносятся на некоторое расстояние, либо остаются в воздухе во взвешенном состоянии;

- *электрические явления*, к которым относятся видимые или слышимые (звуковые) проявления действия атмосферного электричества;

- *оптические явления* в атмосфере, возникающие в результате отражения, преломления или дифракции солнечного или лунного света;

- *неклассифицированные явления* в атмосфере, которые затруднительно отнести к определенному виду из указанных выше.

Более подробная классификация и описание атмосферных явлений представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Классификация и описание атмосферных явлений

Название и обозначение явления	Характеристика явления
<i>Осадки, выпадающие на земную поверхность – гидрометеоры:</i>	
Дождь •	жидкие осадки, выпадающие из облаков на земную поверхность в виде капель. Выпадение дождя происходит главным образом из слоисто-дождевых облаков (обложной дождь), а также из высоко-слоистых, слоисто-кучевых облаков
Ливневый дождь ▽	жидкие осадки, отличающиеся внезапностью начала и конца выпадения и резким нарастанием интенсивности; выпадают из кучево-дождевых облаков; могут сопровождаться грозой, градом
Морось •	жидкие осадки, выпадающие в виде очень мелких капелек; падение их почти незаметно для глаза. При оседании капель мороси сухая поверхность намокает медленно и равномерно, на воде кругов не наблюдается. Морось обычно выпадает из слоистых облаков или тумана
Снег *	твердые осадки в виде отдельных снежных кристаллов или хлопьев. Обычно выпадает из слоисто-дождевых облаков, а также из высоко-слоистых, слоисто-кучевых и слоистых
Ливневый снег * ▽	снег, отличающийся внезапностью начала и конца выпадения, резкими колебаниями интенсивности и кратковременностью периода наиболее сильного его выпадения, выпадает из кучево-дождевых облаков.

Снежная крупа X	осадки, выпадающие в виде непрозрачных снежных крупинки белого или матово-белого цвета шарообразной или конусообразной формы диаметром от 2 до 5 мм; они хрупки и легко раздавливаются пальцами, выпадают из кучево-дождевых облаков при температуре около 0°C, часто перед ливневым снегом или одновременно с ним
Снежные зерна △	осадки, выпадающие в виде непрозрачных, матово-белого цвета палочек, столбиков и пластинок, образующих мелкие зерна диаметром меньше 2 мм, т. е. значительно мельче снежной крупы; обычно выпадают при низких температурах (ниже -10°C) из слоистых облаков
Ледяная крупа △	осадки, выпадающие в виде ледяных прозрачных крупинки шарообразной или неправильной формы; в центре крупинки имеется непрозрачное ядро. Диаметр крупинки – не более 3 мм. Крупинки довольно тверды, чтобы раздавить их, требуется некоторое усилие. При падении на твердую поверхность они отскакивают. Обычно выпадают из кучево-дождевых облаков, часто вместе с дождем, главным образом весной и осенью
Ледяной дождь △	осадки, представляющие собой мелкие, твердые, совершенно прозрачные ледяные шарики диаметром от 1 до 3 мм (дождевые капли, которые при падении попадают из теплого слоя атмосферы в холодный, где и замерзают). Ледяной дождь отличается от ледяной крупы отсутствием непрозрачного белого ядра. Иногда внутри ледяного шарика остается незамерзшая вода.
Град ▲	осадки, выпадающие в виде кусочков льда разнообразных форм и размеров. Ядра градин обычно непрозрачны, иногда окружены прозрачным слоем или несколькими чередующимися прозрачными и непрозрачными слоями. Чаще всего диаметр градин небольшой (менее 0,5 см), но может достигать нескольких сантиметров. Масса крупных градин составляет несколько граммов, а в исключительных случаях – несколько сот граммов. Град выпадает преимущественно в теплое время года из кучево-дождевых облаков и обычно при ливневом дожде
Ледяные иглы ↔	осадки в виде мельчайших ледяных кристаллов, образуются при сильных морозах и чаще всего наблюдаются при безоблачном небе. Днем сверкают на солнце; их сверкание заметно ночью при луне или при свете фонаря. Ледяные иглы, как правило, находятся во взвешенном состоянии, однако могут давать измеримое количество осадков
Мокрый снег *	осадки, выпадающие в виде тающего снега при положительной температуре воздуха. Иногда вместе с подтаявшими снежинками выпадают капли дождя
Ливневый мокрый снег * ▽	осадки в виде тающего снега ливневого характера
Роса —	капельки воды, образующиеся на поверхности земли, на растениях и предметах в результате соприкосновения влажного воздуха с более холодной поверхностью при температуре воздуха выше 0°C, ясном не-

	бе и штиле или слабом ветре; образуется ночью, но возможно ее образование и в другую часть суток. Обильная роса может давать измеримое количество осадков (до 0,5 мм)
Иней 	белый осадок кристаллического строения, появляющийся на поверхности земли и на предметах. Кристаллы инея образуются путем сублимации (непосредственного перехода в лед) водяного пара из соприкасающегося с предметом воздуха. Иней может образоваться на поверхности проводов; чем тоньше провод, тем меньше на нем оседает иней. На проводах толщиной 5 мм (провода гололедного станка) отложение инея не превышает 3 мм. На нитях толщиной менее 1 мм иней не образуется; это дает возможность различать иней и кристаллическую изморозь, внешний вид которых сходен
Гололед 	слой льда, образующийся на предметах вследствие намерзания капель переохлажденного дождя, мороси или тумана, а также при соприкосновении капель осадков с предметами, температура поверхности которых равна или ниже 0°С. Гололед обычно покрывает все части поверхности, открытые осадкам, при замерзании которых образуется плотная, иногда стекловидная корка льда. Отложение гололеда может достигать толщины нескольких сантиметров и вызывать обламывание сучья деревьев, обрыв проводов, поломку столбов и т. п.
Гололедица 	лед или обледеневший снег на поверхности земли. Образуется вследствие замерзания жидких осадков – дождя, мороси, капель густого тумана, мокрого снега, а также вследствие замерзания талой воды на поверхности земли. К гололедице относят и снежный накат, т. е. уплотнение и обледенение снега в результате движения автомобильного транспорта Гололедица, в отличие от гололеда, наблюдается только на поверхности земли, чаще всего на дороге
Зернистая изморозь 	снеговидный рыхлый осадок нарастающий на проводах, сучьях деревьев и т.п. в туманную ветреную погоду при температуре воздуха от –2 до –7°С, но бывает и при более низкой температуре. Она имеет аморфное (не кристаллическое) строение. Образуется вследствие намерзания на предмете переохлажденных капель тумана. Капли тумана при соприкосновении с предметом замерзают настолько быстро, что не успевают потерять своей формы и дают снеговидное отложение, состоящее из ледяных зерен, не различимых глазом (ледяной налет). При повышении температуры воздуха и укрупнении капель тумана до размера мороси плотность образующейся зернистой изморози увеличивается, и она постепенно переходит в гололед. Зернистая изморозь иногда сходна с мутным гололедом и отличается от него лишь тем, что при изломе будет крошиться, в то время как гололед ведет себя как однородное твердое тело (ломается). С усилением мороза и ослаблением ветра плотность образующейся зернистой изморози уменьшается, и она постепенно сменяется кристаллической изморозью. Отложения зернистой изморози могут достигать опасных размеров

Кристаллическая изморозь 	белый осадок, состоящий из мелких кристаллов льда тонкой структуры. При оседании на сучьях деревьев, проволоке, волокнах кристаллическая изморозь имеет вид пушистых гирлянд, легко осыпающихся при встряхивании. Образуется преимущественно в ночные часы при безоблачном небе или тонких облаках при низкой температуре воздуха в тихую погоду, когда в воздухе наблюдается туман или дымка. При этих условиях кристаллы изморози образуются путем непосредственного перехода в лед (сублимации) водяного пара, возникающего при испарении капель тумана или дымки
Отложение мокрого снега 	слой мокрого снега, налипшего на проводах, деревьях. При температуре воздуха ниже 0°С отложение мокрого снега замерзает, превращаясь в плотный, более или менее равномерный стекловидно-прозрачный слой. При непрерывном выпадении мокрого снега с одновременным понижением температуры воздуха (переход от положительных значений к отрицательным) строение отложения бывает неоднородным: от прозрачного льда у провода до кристаллического осадка в верхнем слое. В связи с таким различием в строении плотность замерзшего отложения мокрого снега сильно колеблется. Замерзшее отложение мокрого снега характеризуется прочностью и даже при сильном ветре может удерживаться на проводах длительное время
Туман 	скопление в воздухе очень мелких капель воды, образующихся в результате охлаждения влажного воздуха; вызывает помутнение белесоватого цвета, снижающее прозрачность атмосферы у поверхности земли до величины, соответствующей метеорологической дальности видимости менее 1000 м. В зависимости от фазового состояния капель воды, образующих туман, различают туман, состоящий из капель жидкой воды, и туман, состоящий из замерзших капель или кристалликов льда ( <i>ледяной туман</i> ). Иногда наблюдается <i>смешанный туман</i> , т.е. туман, содержащий капли и ледяные частицы. В зависимости от вертикального распространения различают туман <i>сплошной, просвечивающий и поземный</i>
Ледяной туман 	туман, состоящий из ледяных кристаллов; образуется при сильных морозах и большой влажности воздуха. Днем на солнце и ночью при луне или при свете фонаря ледяной туман распознается по свечению граней ледяных кристалликов. Различают сплошной ледяной и просвечивающий ледяной туманы. Просвечивающий ледяной туман – ледяной туман, при котором наблюдатель, находясь в тумане, может видеть ясное небо или облака, диск Солнца или Луны
Просвечивающий туман 	туман, при котором наблюдатель может видеть облака или ясное небо, диск Солнца или Луны
Поземный туман 	туман, располагающийся невысоким слоем, преимущественно над низкими местами и над водой. Высота поземного тумана не более 2 м над сушей и не более 10 м над морем. Поземные туманы возникают главным образом в ясную погоду в течение ночи и обычно рассеиваются после восхода Солнца

Парение моря 	парение моря (озера, реки) – туман, иногда довольно густой, над незамерзшим морем, озером или рекой при больших разностях температур воды и воздуха в виде клубов пара (разновидность тумана в окрестности). При сильном ветре может распространяться на небольшие расстояния и над сушей
Дымка 	сильно разреженный туман; возникает в результате конденсации водяного пара с образованием мельчайших капелек воды (значительно мельче капелек тумана), создающих слабое помутнение атмосферы. Метеорологическая дальность видимости при дымке изменяется в довольно широких пределах, от 1 до 10 км. Относительная влажность воздуха при дымке обычно 85–97 %
Метель 	перенос снега с поверхности снежного покрова под влиянием сильного порывистого ветра, в результате чего происходит перераспределение высоты снежного покрова (выдувание и наметание снега около препятствий), а также изменение структуры снега (уплотнение снега вследствие измельчания снежных кристаллов). В зависимости от высоты, на которую ветер поднимает снег с поверхности, различают метель общую, низовую и поземок
Метель общая 	метель, при которой неба не видно и нельзя разобрать, выпадает ли снег из облаков или переносится только снег, поднятый с поверхности. Движение частиц снега хаотическое. Видимость значительно уменьшена как по горизонтали, так и по вертикали. При слабой общей метели, обычно в начале ее, можно установить, что происходит выпадение снега из облаков
Метель низовая 	отмечается, если происходит перенос снега с поверхности снежного покрова до высоты 2–3 м, при этом горизонтальная видимость значительно хуже вертикальной и можно определить состояние неба
Поземок 	перенос снега ветром у поверхности земли до высоты 1,5–2 м, движение частиц снега более или менее параллельно земле; часто наблюдается при безоблачном небе, но может наблюдаться одновременно с выпадением осадков. Видимость уменьшается незначительно
Снежная мгла 	помутнение воздуха от взвешенных частиц снега обычно до или после метели. Видимость при снежной мгле иногда снижается до 50 м. Чаще всего снежная мгла наблюдается в арктических районах
<b>Литометеоры</b>	
Пыль, взвешенная в воздухе 	мельчайшие твердые частицы сухой почвы, песка, а также сухие частички биологического происхождения, поднятые с земли в результате пыльного ветра или пыльной бури. Наблюдается при резком ослаблении ветра, часто при высокой температуре воздуха. На станциях отмечается в тех случаях, когда пыль уменьшает метеорологическую дальность видимости до 6 км и менее (промышленная дымка)
Пыльный (песчаный) позем 	перенос пыли, частиц почвы или песка у поверхности земли до высоты 1,5–2 м. Может наблюдаться даже при очень слабом ветре

Пыльная (песчаная) буря 	перенос больших количеств пыли или песка сильным ветром в приземном слое воздуха, при этом может наблюдаться подъем песка и частиц почвы в воздух и одновременно оседание пыли на большой территории. Видимость значительно ухудшается
Мгла 	сплошное помутнение воздуха, обусловленное наличием в нем взвешенных частичек пыли, промышленного дыма, гари от лесных или торфяных пожаров и т. п. При мгле отдаленные предметы часто принимают сероватый оттенок, а солнце, в особенности когда оно находится низко у горизонта, красновато-желтый. Этим и обычно малой влажностью воздуха мгла отличается от дымки. Иногда при мгле относительная влажность достигает довольно высоких значений (>50%). Такие случаи нередко отмечаются в районах Средней Азии при фронтальных вторжениях с юга. При мгле видимость менее 10 км; в зависимости от интенсивности от интенсивности мглы иногда она может снижаться до 1000 м и менее
<b>Электрические явления</b>	
Гроза 	электрические разряды в атмосфере, сопровождаемые вспышкой света (молнией) и резкими звуковыми раскатами (громом). Промежуток времени между молнией и последующим громом зависит от расстояния грозы от места наблюдения. При расстоянии до 3 км этот промежуток меньше 10 с. Гром может быть слышен на расстоянии до 15–20 км, при этом молния может быть не замечена. Гроза обычно сопровождается сильным ветром, ливневыми осадками, нередко градом
Зарница 	световое явление; наблюдается при отдаленной грозе, когда не слышно грома и видно лишь освещение молнией облаков и горизонта
Полярное сияние (сполохи) 	свечение верхних разреженных слоев атмосферы (ионосферы) на высотах нескольких десятков километров, возникающее вследствие внедрения в них электрически заряженных частиц (протонов и электронов) при колебаниях интенсивности земного магнитного поля. Окраска полярных сияний голубовато-белая, изумрудно-зеленая, реже красноватая и фиолетовая. Наблюдаются полярные сияния преимущественно в высоких арктических широтах, но могут отмечаться и в умеренных
<b>Оптические явления</b>	
Мираж 	оптическое явление, при котором в воздухе в результате рефракции у горизонта появляется изображение реально существующего предмета, обычно в более или менее искаженном, иногда перевернутом виде. Изображение может располагаться над действительным предметом (верхний мираж), под ним (нижний мираж) и сравнительно реже справа или слева от него (боковой мираж). Верхний мираж особенно часто наблюдается в полярных районах, нижний – в пустынях.
<b>Неклассифицированные явления</b>	
Шквал 	внезапное резкое усиление ветра на 8 м/с и более за короткий промежуток времени, не более 2 мин. Скорость ветра при шквале больше 10 м/с (нередко превышает 25 м/с). Продолжительность шквала 1 мин и более. Наблюдается при кучево-дождевых облаках, грозах и ливнях.

Вихрь (пыльный или песчаный) 	вихревое движение воздуха, возникающее у поверхности земли в малооблачную погоду при сильном перегреве подстилающей поверхности. Это движение высоко вверх не распространяется и сравнительно быстро затухает. Вихрь поднимает с поверхности земли пыль, песок и мелкие предметы иногда на значительное расстояние
Смерч 	сильный вихрь, образующийся под хорошо развитым кучево-дождевым облаком и распространяющийся в виде гигантского темного облачного столба или воронки по направлению к поверхности земли или моря. Приблизившись к поверхности земли или моря, смерч втягивает и поднимает иногда до большой высоты воду, песок, пыль, а нередко и весьма тяжелые предметы (бревна, крыши); обладает большой разрушительной силой. Обычно он наблюдается одновременно с грозой, ливнем, иногда градом

### 8.3. Производство наблюдений за атмосферными явлениями

При производстве наблюдений за атмосферными явлениями должны соблюдаться следующие условия:

- наблюдения производятся непрерывно в течение суток на метеорологической станции, в ее ближайшей окрестности (радиусом до 200 м от метеорологической площадки) и в пределах видимой окрестности;
- при возникновении атмосферного явления необходимо следить за ходом развития его с тем, чтобы своевременно заметить изменение его интенсивности, особенно достижение им опасных значений;
- при наблюдении за атмосферными явлениями следует обращать внимание на изменение облачности, видимости, ветра, температуры, влажности, состояния подстилающей поверхности и других характеристик погоды;
- при возникновении атмосферного явления наблюдатель отмечает время начала явления в часах и минутах СГВ (с точностью до минуты) и интенсивность его в момент возникновения. За начало явления принимается момент, когда наблюдатель обнаружил признаки атмосферного явления в соответствии с его описанием (табл. 8.1). После возникновения явления наблюдатель оценивает его интенсивность и внимательно следит за ходом явления, отмечая время изменения его интенсивности. Окончание явления отмечается при полном его исчезновении;
- интенсивность большинства атмосферных явлений представляет собой субъективную качественную оценку явления на данной станции. Различают интенсивность умеренную, слабую и сильную. Слабая или сильная интенсивность отмечается в тех случаях,

когда характер явления значительно отличается от умеренной интенсивности. В случае слабой интенсивности у символа вида явления ставится 0, в случае сильной – 2; при умеренной интенсивности отмечается только символ явления;

- если одновременно наблюдаются несколько явлений, то отмечается время начала и окончания каждого явления.

Возможная интенсивность и количественные критерии атмосферных явлений приведены в табл. 8.2.

Наблюдатель должен особенно внимательно следить за развитием осадков, выпадающих на земную поверхность, грозы, зарницы, гололеда, изморози, гололедицы, тумана, метели, пыльной бури для определения момента, когда эти явления достигнут опасного или особо опасного значения.

Таблица 8.2

Интенсивность и количественные критерии атмосферных явлений

Атмосферное явление	Возможная интенсивность и количественные критерии
Дождь	Слабый, умеренный, сильный
Ливневый дождь	Слабый, умеренный, сильный и очень сильный
Дымка	Слабая – видимость от 6 до 10 км; умеренная – видимость от 1 до 6 км; характеристика интенсивности «сильная» для дымки не применяется
Туман	Слабый – видимость от 500 до 1000 м; умеренный – от 50 до 500 м; сильный – менее 50 м
Мгла	Слабая – видимость 2 км и более; умеренная – видимость 1 – 2 км; сильная – менее 1000 м
Метель	Слабая – видимость менее 6 км и скорость ветра до 8 м/с; умеренная – видимость от 4 до 6 км и скорость ветра 8 – 10 м/с; сильная – видимость менее 4 км и скорость ветра более 10 м/с
Шквал, вихрь, смерч, ледяные иглы, полярное сияние, мираж	Интенсивность не оценивается

Существуют некоторые особенности в наблюдениях за отдельными атмосферными явлениями:

- при грозе следует определить направление перемещения грозы по восьми румбам; если определить направление перемещения грозы затруднительно, то следует указать, в каком направлении от станции наблюдается гроза; при выпадении града наблюдатель должен указать средний размер (диаметр) наиболее крупных градин с точностью до 1 мм. Для этого необходимо собрать 10 наиболее крупных градин в любой чистый прозрачный сосуд (желательно стеклянный). После того как градины растают, измерить количество талой воды осадкомерным стаканом. Диаметр градин, соответствующий 0,5

деления осадкомерного стакана при отборе 10 градин, равен 6 мм. Если полученное количество воды меньше 0,5 деления осадкомерного стакана, то диаметр градин менее 5 мм;

- при шквале, вихре, смерче, ливневом дожде и грозе необходимо измерить максимальный порыв скорости ветра и определить изменение направления ветра. Если не удалось измерить скорость ветра по прибору, следует воспользоваться визуальным определением по шкале Бофорта;

- при метели, пыльной буре и дожде необходимо следить за изменением скорости ветра за период от начала до окончания явления с тем, чтобы измерить среднюю скорость и направление ветра при достижении опасного значения скорости ветра при данном явлении, при усилении и окончании опасности. При пыльной буре кроме того, следует отмечать направление ее перемещения в районе станции (по 8 румбам);

- дополнительные наблюдения за метеорологической дальностью видимости следует проводить при возникновении тумана, дымки, мглы, осадков, метели и пыльной бури;

- во время гололеда следует установить, сопутствует ли ему образование гололедицы. Явление гололедицы обязательно отмечается, если на поверхности земли и особенно на дорогах имеется плотный лед или снежный накат;

- за окончание росы принимается момент исчезновения жидких капель росы независимо от того, испарились они или замерзли; за окончание инея принимается момент исчезновения твердого осадка.

#### 8.4. Запись результатов наблюдений

Результаты наблюдений за атмосферными явлениями записываются в соответствующие графы книжки КМ-1. В графу каждого срока записываются наблюдения за период 3 ч от предшествовавшего до данного срока.

В момент возникновения явления записывается вид явления символом, справа над символом указывается знак интенсивности (0 – слабая, 2 – сильная) и время явления в часах и минутах СГВ.

Если явление не закончилось до следующего срока, то записывается время срока, а в следующей графе повторяется запись символа этого явления и время срока и так далее, запись ведется до окончания явления. Время окончания явления записывается в часах и минутах СГВ. Если явление имело место лишь в окрестностях станции, то символ атмосферного явления при записи заключается в квадратные скобки [ ]. Одновременно наблюдающиеся явления записываются в одной графе столбиком (Приложение 1).

При записи наблюдений за шквалом, грозой, градом и туманом необходимо соблюдать следующие правила: после записи времени окончания шквала указывается максимальная скорость ветра (максимальный порыв) в м/с, при визуальном определении – в баллах и м/с; рядом с символом грозы записывается направление, в котором наблюдается гроза; средний диаметр градин в миллиметрах записывается в графе «Примечание»; если туман наблюдается не сплошным слоем, а местами или в виде клочков или полос, то рядом с символом тумана дается пояснение в скобках: ≡ (клочками), ≡ (местами).

#### 8.5. Состояние погоды в срок и между сроками наблюдений

Характеристика состояния погоды дается наблюдателем на основании непрерывных наблюдений за атмосферными явлениями, с учетом состояния неба и развития облачности.

В соответствии с требованиями кода КН-01 определяется характеристика погоды в срок наблюдений ww и характеристика погоды между сроками W<sub>1</sub>W<sub>2</sub> (7-я группа I раздела кода), а также даются более подробные сведения об отдельных явлениях (9-я группа III и V разделов кода КН-01).

При характеристике погоды в срок наблюдений (текущая погода) учитываются атмосферные явления и облачность, которые имели место в течение 10 мин и в течение последнего часа, предшествующего 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч СГВ. Если явление закончилось в момент начала срока, то в срок это явление уже не входит (например: дождь закончился в 2 ч 50 мин, в первую минуту срока, т.е. на 51-й минуте часа, дождя не было и в срок 3 ч дождь не отмечается).

Под последним часом подразумевается промежуток времени, начинающийся за 1 час и кончающийся за 10 мин до 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч по СГВ. Явления за последний час следует кодировать аналогично погоде в срок наблюдений. При наличии мороси, дождя и снега в срок наблюдений характеристика «с перерывами» и «непрерывный» дается по последнему часу.

Текущая погода имеет 100 характеристик, которые разделены на две группы (А и Б) в зависимости от наличия осадков на станции в срок наблюдений.

При характеристике прошедшей погоды учитываются атмосферные явления и облачность в течение шести часов для основных синоптических сроков 0, 6, 12 и 18 ч по СГВ или погода в течение последних трех часов для промежуточных сроков 9, 15, 21 и 3 по СГВ, не считая промежутка времени, за который сообщается текущая по-

года, 10 мин или последний час, кончающийся ровно в срок (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч по СГВ).

Прошедшая погода кодируется двумя характеристиками  $W_1$  и  $W_2$  в соответствии с таблицей кода КН-01. Первая цифра кода ( $W_1$ ) выбирается как наибольшая из возможных 10 характеристик погоды между сроками, а вторая ( $W_2$ ) – как наибольшая из возможных после исключения  $W_1$ . Если в течение всего периода между сроками наблюдений имело место только одно явление (без перерывов), то  $W_2$  повторяет цифру кода  $W_1$ ; если наблюдалось несколько явлений (или имели место перерывы в явлении), то  $W_2$  должно быть меньше  $W_1$ .

Характеристики текущей и прошедшей погоды записываются в соответствующие графы книжки КМ-1 для  $ww$  и  $W_1 W_2$  цифрами кода; кроме того, дается краткая словесная характеристика. Например:  $ww$  – 23 (дождь со снегом);  $W_1 W_2$  – 62 (дождь, пасмурно) (Приложение 1).

Дополнительные сведения о важных явлениях погоды, наблюдавшихся в срок наблюдений и в период между сроками, кодируются и передаются в соответствии с требованиями кода КН-01 (9-я группа III и V разделов). В книжку КМ-1 эти сведения записываются на последней странице.

### 8.6. Контрольные вопросы

1. За какие интервалы времени наблюдается погода на ГМС?
2. В чем заключаются наблюдения за атмосферными явлениями?
3. Какие существуют градации интенсивности атмосферных явлений?
4. Что такое гидрометеоры, литометеоры?
5. Какие оптические явления вы знаете?
6. Как записываются в книжку КМ-1 атмосферные явления?

## 9. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

### 9.1. Методы наблюдений

Осадками называют воду, выпадающую в жидком или твердом виде на поверхность земли и наземные предметы из облаков и из воздуха вследствие конденсации содержащегося в нем водяного пара. Осадки в зависимости от их фазового состояния разделяют на твердые, жидкие и смешанные.

Осадки, выпадающие на земную поверхность из облаков, измеряются количественно толщиной слоя воды в миллиметрах (мм), который образовался бы на горизонтальной поверхности при отсутствии просачивания в землю, стекания и испарения этих осадков.

Жидкие и твердые осадки, выпадающие на поверхность земли и различные сооружения вследствие конденсации водяного пара воздуха (роса, гололед, иней и др.), оцениваются только качественно путем визуальных наблюдений, определением времени появления и окончания явления. Однако же осадки, которые могут оказать воздействие (полезное или вредное) на какие-либо отрасли народного хозяйства, изучаются детально. Так, например, данные об образовании гололеда на проводах получают с помощью установленного на станции гололедного станка, определяя массу льда на погонном метре провода, форму и структуру его образования.

Интенсивностью дождя называется количество осадков (мм), выпавшее в единицу времени (10 мин).

На метеорологических станциях определяют:

- количество выпавших осадков за период между двумя последовательными измерениями времени и вычисляют с точностью до 0,1 мм;
- интенсивность выпадения жидких осадков с точностью до 0,01 мм/мин.

Для измерения количества выпадающих на горизонтальную поверхность жидких и твердых осадков наиболее широко применяются относительно простые установки – осадкомеры, для определения интенсивности осадков – плювиографы.

*Количество осадков* определяется объемом жидкой воды, который получается при сборе осадков приемным сосудом с фиксированной площадью приемной поверхности.

*Интенсивность жидких осадков* определяется по результатам регистрации на движущемся диаграммном бланке изменения уровня воды, поступающей во время дождя в поплавковую камеру плювиографа.

### 9.2. Основные приборы для измерения атмосферных осадков

Количество осадков измеряется постоянно в течение всего года, а их интенсивность регистрируется в период выпадения жидких осадков, когда температура воздуха в течение суток не опускается ниже 0°C.

*Осадкомер Третьякова О-1* (рис. 9.1) предназначен для измерения количества осадков и состоит из двух металлических сосудов (осадкомерных ведер) для сбора осадков, тагана для установки осадкомерных сосудов, ветровой защиты и измерительного стакана.

Осадкомер устанавливается на метеорологической площадке на тагане так, чтобы его приемная поверхность находилась на высоте 2 м от поверхности земли и была строго горизонтальна. Приемная

поверхность осадкомера (т.е. осадкомерного ведра) имеет строго определенную площадь – 200 см<sup>2</sup>. Количество осадков, попавших в сосуд, измеряют с помощью измерительного стакана и, отнеся к площади приемной поверхности осадкомера, рассчитывают толщину слоя воды, который могли бы образовать выпавшие осадки. Ведро осадкомера металлическое, высотой 40 см, внутри впаяна диафрагма, имеющая форму усеченного конуса с отверстием для стока. Для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время в отверстие диафрагмы вставляется воронка с небольшим отверстием. К ведру припаян носик для слива собранных осадков.

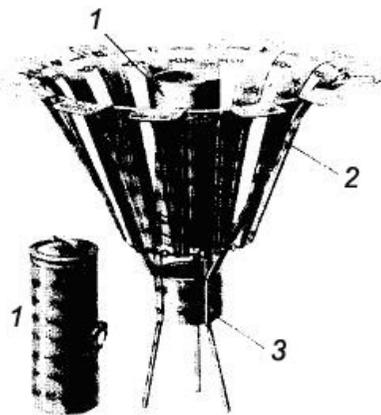


Рис. 9.1. Осадкомер Третьякова О-1:  
1 – осадкомерное ведро; 2 – ветровая защита; 3 – таган.

Ветровая защита предназначена для уменьшения завихрений, образующихся при ветре вокруг и внутри осадкомерного сосуда. Завихрения мешают свободному попаданию осадков в сосуд, что приводит к погрешности измерений – к занижению жидких осадков и завышению количества твердых (из-за надувания снежинок в сосуд с окружающих предметов при отсутствии снегопада).

Измерительный стакан осадкомера служит для измерения осадков, попавших в ведро осадкомера. Его шкала имеет 100 делений. Одно деление стакана соответствует слою осадков высотой 0,1 мм.

С наступлением зимнего сезона, когда начинают выпадать твердые и смешанные осадки, воронка, закрывающая отверстие в диафрагме, вынимается до весны и снова вкладывается в осадкомерный сосуд, когда твердые и смешанные осадки сменяются жидкими. Сливной носок осадкомера всегда должен быть закрыт колпачком.

Два раза в месяц (1-го и 15-го числа) следует промывать осадкомерные ведра горячей водой и затем проверять их на течь. Для проверки сосуда на течь в него наливается вода немного выше уровня впайки носка, сосуд снаружи вытирается и ставится на сухую чистую доску или бумагу на 1–2 ч. При обнаружении мокрых пятен нужно найти место течи, запаять его, снова проверить сосуд на течь и добиться, чтобы к очередной смене он был в исправном состоянии. В книжке КМ-1 записывается дата и час, когда обнаружено и исправлено повреждение.

*Плювиограф П-2* предназначен для регистрации интенсивности жидких осадков, состоит из приемного сосуда, регистрирующей части и корпуса. Прибор устанавливается на подставке так, чтобы верхний край прибора находился на высоте 2 м над поверхностью земли строго горизонтально. Корпус прибора укрепляется тремя проволочными оттяжками. Приемный сосуд представляет собой цилиндр площадью 500 см<sup>2</sup>. Дно сосуда конусообразное с несколькими отверстиями для стока воды. Ко дну припаяна сливная трубка, вставляющаяся в воронку трубки, идущей от поплавковой камеры. Приемный сосуд соединен с железным цилиндрическим корпусом. Регистрирующее устройство смонтировано на горизонтальной полке внутри корпуса и состоит из поплавковой камеры и часового механизма с барабаном для ленты. Внутри поплавковой камеры находится полый металлический поплавок со стержнем, на котором укреплен стрелка с пером. Сбоку в поплавковую камеру впаяна трубка, в которую вставляется стеклянный сифон. В нижней части корпуса помещается контрольный сосуд, в который из поплавковой камеры сливаются осадки.

При выпадении осадков они попадают в приемный сосуд, затем из приемника в поплавковую камеру, уровень воды в которой с течением времени повышается. При этом поплавок поднимается вертикально вверх и перо чертит на ленте прибора кривую линию. В момент, когда поплавковая камера наполнится полностью, происходит принудительный слив воды в контрольный сосуд, а стрелка с пером опускается вниз.

Осенью, до наступления морозов, прибор разбирают, для этого вынимают барабан с часовым механизмом, сифонную трубку, поплавковую камеру и контрольный сосуд, насухо вытирают их и убирают до весны в помещение. Приемный сосуд закрывается крышкой, и корпус запирается. Если прибор своевременно не будет разобран, то вследствие замерзания воды в поплавковой камере он может быть поврежден. Весной вынутые части устанавливают на место и подготавливают прибор к работе.

### 9.3. Производство и обработка измерений по осадкомеру

Измерение количества атмосферных осадков производится два раза в сутки в сроки, ближайšie к 8 и 20 час поясного декретного (зимнего) времени.

*Производство измерений с помощью осадкомера:*

- произвести смену осадкомерных сосудов в каждый срок измерения, независимо от того, выпадали осадки между сроками, или нет; необходимость смены осадкомерных сосудов может возникнуть

и между сроками измерений при выпадении обильных интенсивных дождей, так как количество осадков может оказаться больше емкости осадкомерного ведра (около 160 мм – до уровня сливного носка);

- перелить собранные в осадкомерном сосуде жидкие осадки в осадкомерный стакан для последующего измерения. Сосуд следует держать над стаканом до тех пор, пока вода не перестанет капать;

- твердые осадки, собранные в осадкомерном сосуде, должны перед измерением растаять. Для этого сосуд с осадками оставляется в теплом помещении на некоторое время, при этом он должен быть закрыт крышкой, а носок – колпачком во избежание испарения осадков и осаджения влаги на холодных стенках с внутренней стороны сосуда. Твердые осадки, не успевшие растаять к моменту подачи телеграммы, измеряются приблизительно путем взвешивания с точностью до 1–2 г. Для взвешивания можно использовать весы весового снегомера;

- осадкомерный стакан с водой, вылитой из осадкомерного сосуда, ставится на ровную горизонтальную поверхность и производится отсчет делений стакана по нижнему краю вогнутого мениска поверхности воды в стакане, глаз наблюдателя должен находиться на одном уровне с поверхностью воды в стакане;

- в книжку КМ-1 записывается то деление стакана, которое ближе всего подходит к нижнему краю мениска. Если уровень воды в стакане ниже половины первого деления, то делается отсчет 0, если на середине, то отсчитывается одно деление. Если уровень воды в стакане (нижний край мениска) находится посередине между соседними делениями, то отсчитывается большее из них. Если количество собранных осадков окажется больше 100 делений стакана, измерение следует проводить в несколько приемов.

#### *Обработка результатов измерений*

Для записи осадков в книжке КМ-1 для каждого срока измерения отводится три графы, первая из которых разделена кривой чертой на две части. В верхней ее части записывается измеренное количество осадков в делениях стакана, в нижней – количество осадков в миллиметрах. Во второй графе записывается поправка на смачивание в миллиметрах, в третьей графе – исправленное значение в миллиметрах (Приложение 1):

- число целых делений стакана записывается в строку «Осадки» книжки КМ-1 в графу того срока, в который осадки измерялись. Если осадков в сосуде не было, то в книжку ничего не записывается и графа остается незаполненной;

- к каждому измеренному количеству осадков прибавляется поправка на смачивание осадкомерного сосуда. Значение поправки зависит от вида и количества измеренных осадков и принимается:

0,2 мм – для жидких и смешанных осадков и 0,1 мм – для твердых осадков; в случае поочередного выпадения жидких и твердых или смешанных и твердых осадков поправка составляет 0,2 мм;

- количество осадков, измеренное в делениях стакана, следует выразить в миллиметрах слоя воды, для чего нужно разделить его на 10;

- при измерении количества твердых осадков путем взвешивания на весах из массы сосуда с осадками вычитают массу пустого сосуда. Полученную разность в граммах следует разделить на 20, чтобы получить количество осадков в миллиметрах;

- если в строке «Атмосферные явления» книжки КМ-1 отмечено выпадение осадков, а в срок измерения в осадкомерном сосуде осадков не оказалось, то поправка на смачивание не вводится (поправка равна нулю). В строке «Примечания» за данный срок делается запись: «Осадков в сосуде не обнаружено». В строке «Осадки», там, где должна быть запись измеренного количества осадков в делениях стакана, делается прочерк, в графе для поправок также делается прочерк, а в графе для исправленного количества осадков пишется 0,0 мм;

- в тех случаях, когда при поземке или низовой метели выпадения осадков не отмечалось, а при смене осадкоборных сосудов обнаружены «ложные» осадки, то эти осадки не измеряются и не записываются в строке «Осадки» книжки КМ-1. В строке «Примечания» за данный срок делается запись о том, что в осадкомерном сосуде обнаружены осадки из-за надувания во время метели.

В книжке КМ-1 в строку «Осадки» записывается только результат измерения осадков стаканом. Результат взвешивания используется лишь при составлении телеграммы.

#### **9.4. Производство измерений по плювиографу**

Смена диаграммного бланка плювиографа производится ежедневно после срока, ближайшего к 20 ч поясного декретного (зимнего) времени. В каждый срок измерения делается метка на диаграммном бланке. Два раза в неделю во время смены бланка следует заводить часовой механизм. Если за истекшие 24 часа не было дождя и плювиограф записал горизонтальную линию, то бланк оставляют на следующие сутки, долив в приемный сосуд количество воды, соответствующее 5–10 делениям измерительного стакана и записав на ленте дату новых суток.

#### *Обработка лент плювиографа*

Обрабатывают только те бланки плювиографа, которые получают при исправной работе прибора и с записями только тех дождей,

при которых количество осадков за дождь было 2,5 мм и более. Если дождь шел с перерывом 1 ч и менее, то такой дождь считается одним целым.



Рис. 9.2. Образец обработанного бланка пьювиографа.

Обработка делится на следующие этапы:

- определение времени начала и конца дождя;
- подсчет количества осадков от начала дождя до конца каждого 10-минутного интервала, цена одного вертикального деления бланка равна 0,2 мм;
- средняя интенсивность выпадения осадков определяется для каждого 10-минутного интервала как частное от деления количества осадков, выпавших за интервал, на 10, она выражается в мм/мин и записывается в скобках рядом с количеством осадков;
- вычисление поправки на слив и ее введение; поправка вычисляется как разность между количеством осадков, измеренных по контрольному сосуду и количеством осадков, зарегистрированных на бланке. Полученная разность делится на число сливов, отмеченных на бланке за данные сутки. Эта поправка прибавляется к количеству осадков, отсчитанному в конце каждого 10-минутного интервала после слива.

Результаты обработки количества осадков записываются на бланке простым карандашом в виде колонки из шести строк, расположенных в соответствующем часовом интервале.

## 9.5. Контрольные вопросы

1. Что такое осадки, в чем они измеряются?
2. Назовите основные виды осадков.
3. Опишите устройство осадкомера.
4. Каков порядок измерения осадков по осадкомеру?
5. Как производится измерение твердых осадков?
6. Что такое интенсивность дождя?
7. Какие поправки вводятся на жидкие и твердые осадки?

## 10. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ

### 10.1. Методы наблюдений за снежным покровом

Снежный покров представляет собой слой снега на поверхности земли, который образуется в результате выпадения осадков. В снежный покров включаются также и ледяные прослойки, которые образуются на поверхности снега и почвы, а также скапливающаяся под снегом талая вода.

Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова в окрестности метеостанции и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, балки, овраги).

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определяют:

- степень покрытия окрестности станции снежным покровом (балл);
- характер залегания снежного покрова на местности (таблица кода);
- структуру снега (таблица кода);
- высоту снежного покрова на метеорологической площадке или на выбранном участке вблизи станции (см).

При снегосъемках на каждом выбранном маршруте определяют:

- высоту снежного покрова;
- плотность снега;
- структуру снежного покрова (наличие прослоек льда, воды и снега, насыщенного водой);
- характер залегания снежного покрова на маршруте;
- степень покрытия снегом маршрута;
- состояние поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая).

Степень покрытия снегом окрестности станции, характер залегания снежного покрова и структура снега оцениваются при визуальном осмотре окрестности станции в соответствии с принятыми шкалами.

Высота снежного покрова определяется на основании измерений расстояния от поверхности земли до поверхности снежного покрова (поверхности раздела снежный покров – атмосфера).

Плотность снега вычисляется как отношение массы вертикального столба снега к объему этого столба. В плотность снега не включают плотность снега, насыщенного водой, плотность воды, находящейся под снегом, и плотность ледяной корки, находящейся на поверхности почвы.

Запас воды в снежном покрове вычисляется по измеренным значениям высоты снежного покрова, значениям плотности снега и принятым средним значениям плотности снега, насыщенного водой, талой воды и ледяной корки.

## 10.2. Средства измерений

При наблюдениях за снежным покровом применяют следующие инструменты: снегомерные рейки, снегомер весовой и линейку с ценой наименьшего деления 1 мм.

*Рейка снегомерная стационарная М-103* (рис. 10.1). Представляет собой гладко обструганный прямой брусок сухого дерева длиной 180 см (или 130 см), шириной 6 см и толщиной 2,5 см. Рейка окрашена белой масляной или эмалевой краской и имеет на лицевой стороне шкалу в сантиметрах.

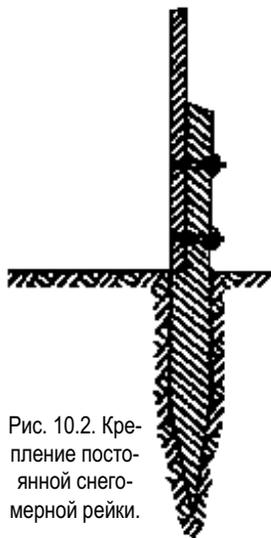


Рис. 10.2. Крепление постоянной снегомерной рейки.

Для ежедневных измерений высоты снежного покрова на метеорологической площадке устанавливаются три стационарные снегомерные рейки. Крепление реек производится так, как показано на рис. 10.2. При установке нулевое деление рейки должно совмещаться с поверхностью почвы. На летний период стационарные рейки обязательно снимаются.

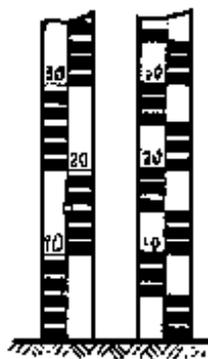


Рис. 10.1. Стационарные снегомерные рейки.



*Рейка снегомерная переносная М-104* (рис. 10.3). Изготовлена из гладко обструганного бруска сухого дерева длиной 180 см (или 130 см), шириной 4 см и толщиной 2 см. Нижний конец рейки снабжен металлическим наконечником длиной 10 см. На лицевой стороне рейки нанесена шкала в сантиметрах, нуль которой совпадает с нижним ребром наконечника.

Переносная рейка применяется для измерения высоты снежного покрова при снегомерных съемках.

*Снегомер весовой ВС-43* (рис. 10.4). Предназначен для определения плотности снега при проведении снегомерных съемок. Он состоит из металлического цилиндра и весов. На одном конце цилиндра имеется кольцо с режущими зубьями, а другой конец закрывается крышкой. Для измерения высоты вырезаемого снега с наружной стороны цилиндра нанесена сантиметровая шкала; нуль шкалы совпадает с нижним срезом кольца. Свободно перемещающееся по цилиндру кольцо с ручкой служит для подвешивания цилиндра к весам. Для уравнивания весов служит груз, скользящий по линейке весов.

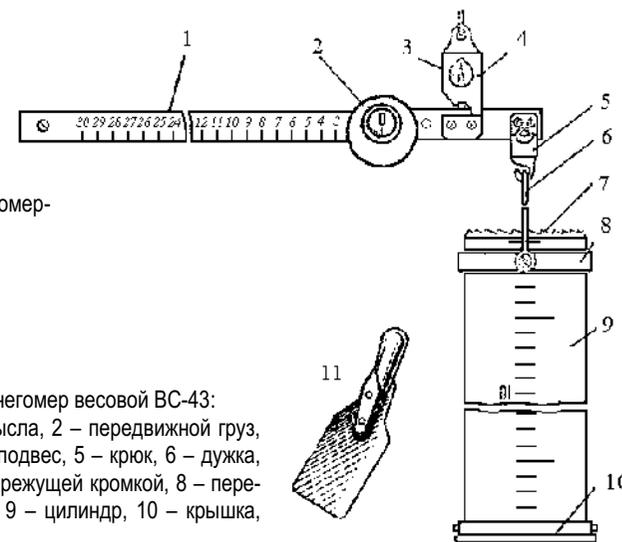


Рис. 10.3. Рейка снегомерная переносная.

Рис. 10.4. Снегомер весовой ВС-43:

- 1 – рейка коромысла, 2 – передвижной груз,
- 3 – стрелка, 4 – подвес, 5 – крюк, 6 – дужка,
- 7 – утолщение с режущей кромкой, 8 – передвижное кольцо, 9 – цилиндр, 10 – крышка,
- 11 – лопаточка.

### 10.3. Производство ежедневных наблюдений за снежным покровом

Таблица 10.2

Ежедневные наблюдения за снежным покровом производятся при любых погодных условиях в срок, ближайший к 8 ч поясного декретного времени. Наблюдения за степенью покрытия окрестности снегом, характеристикой залегания снежного покрова и структурой снега производятся с постоянного, наиболее возвышенного места вблизи метеорологической площадки.

*Определение степени покрытия окрестности станции снежным покровом*

Степень покрытия оценивается в баллах по 10-балльной шкале (0,1 часть видимой окрестности принимается равной 1 баллу).

Если снегом покрыта вся видимая окрестность, то степень покрытия равна 10 баллам; если покрыто около 0,3 всей видимой окрестности, то степень покрытия равна 3 баллам; если наблюдаются отдельные пятна снега, покрывающие менее 0,1 видимой окрестности, то степень покрытия оценивается 0 баллов. При отсутствии снега на поверхности почвы степень покрытия не оценивается.

*Определение структуры снега*

При определении структуры снега различают: снег свежий, старый, наст и снег, насыщенный водой. Структура снега определяется в соответствии с таблицей для кодирования S<sub>4</sub> кода КН-01 (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Характеристика структуры снега

Структура снега	Цифра кода	Структура снега	Цифра кода
Свежий снег пылевидный	0	Снежная корка, не связанная со снегом под ней	6
Свежий снег пушистый	1		
Свежий снег липкий	2		
Старый снег рассыпчатый	3	Плотный снег с коркой на поверхности	7
Старый снег плотный	4	Влажный снег с коркой на поверхности	8
Старый снег влажный	5	Переувлажненный (мокрый) снег	9

*Определение характера залегания снежного покрова*

Характер залегания снежного покрова на местности определяется при степени покрытия окрестности  $\geq 6$  баллов и оценивается по наличию сугробов (без сугробов – равномерный, небольшие сугробы – неравномерный, большие сугробы – очень неравномерный) и по состоянию почвы под снежным покровом (табл. 10.2).

Для оценки состояния почвы могут быть использованы наблюдения за состоянием подстилающей поверхности на участке для почвенных термометров.

Характер залегания снежного покрова

Снежный покров	Цифра кода	Снежный покров	Цифра кода
Равномерный на замерзшей почве	0	Неравномерный, состояние почвы неизвестно	5
Равномерный на оттаявшей почве	1	Очень неравномерный на замерзшей почве	6
Равномерный, состояние почвы неизвестно	2	Очень неравномерный на оттаявшей почве	7
Неравномерный на замерзшей почве	3	Очень неравномерный, состояние почвы неизвестно	8
Неравномерный на оттаявшей почве	4	Снег с проталинами	9

Во время снеготаяния при наличии проталин (участки поверхности почвы, освобожденные от снега вследствие его таяния) характер залегания снежного покрова может быть определен как «снежный покров с проталинами».

*Порядок измерений высоты снежного покрова:*

- непосредственно перед сроком измерения проверить исправность постоянных реек. В случае неисправности реек разрешается производить измерение с помощью переносной рейки; к следующему сроку неисправности должны быть устранены;
- произвести отсчеты поочередно по рейкам № 1, 2 и 3 с точностью до 1 см. При производстве отсчетов по рейкам наблюдатель

должен находиться на расстоянии 2–3 м от рейки. За высоту снежного покрова принимается то деление рейки, против которого приходится уровень снежного покрова. Если рейка окажется залепленной снегом, то следует осторожно очистить снег длинной легкой палкой с планкой на конце.

В случае выдувания снега у рейки отсчет производится так, как показано на рис. 10.4 а, а в случае надувания снега у рейки – так, как показано на рис. 10.4 б. При

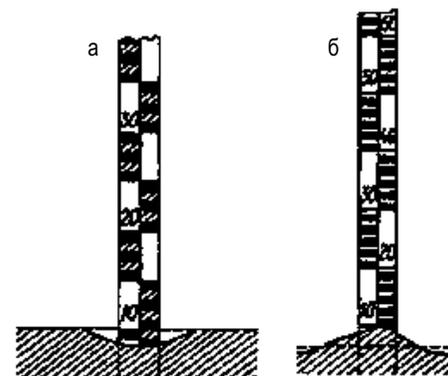


Рис. 10.4. Отсчет по снегомерной рейке: а – при выдувании снега, б – при наметании снега.

наличии около какой-либо из реек слоя льда или воды, образовавшегося после таяния снега, по рейке отсчитывается толщина этого слоя.

#### 10.4. Запись и обработка результатов наблюдений

Результаты наблюдений за степенью покрытия окрестностей снегом, структурой снега и характером залегания записываются в соответствующие графы книжки КМ-1. Степень покрытия записывается в баллах, структура снега и характер его залегания – словами (сокращенно) и цифрами кода КН-01. При характеристике «снег с проталинами» следует записывать «проталины 9».

Отсчеты высоты снежного покрова по рейкам записываются на месте наблюдений в книжку КМ-1 в графу, соответствующую данной рейке. Если отсчет по рейке меньше половины первого деления рейки, то в соответствующую графу записывается высота снежного покрова – 0; если отсчет по рейке равен или больше половины первого деления рейки, то 1. Графа «Отсчет по рейкам» не заполняется только в том случае, если у рейки нет ни снега, ни льда, ни воды.

По отсчетам трех реек вычисляется среднее значение высоты снежного покрова, для чего сумму высот снежного покрова по трем рейкам следует разделить на три и округлить до целых сантиметров. Если при делении получается значение меньше 0,5 см, в графе «Среднее» записывается 0, если больше или равно 0,5 см, то 1. Если у какой-либо из реек отсутствует снег, лед или талая вода, то средняя высота вычисляется также делением суммы показаний реек на три.

#### 10.5. Снегомерные съемки

Снегомерные съемки проводят с целью определения основных характеристик снежного покрова. Для производства снегомерных съемок должны быть выбраны и закреплены на местности маршруты:

- на открытом участке (поле) длиной 2 или 1 км (в зависимости от ландшафтных особенностей местоположения станции);
- в лесу, под кронами деревьев, длиной 0,5 км;
- 2–5 поперечников, пересекающих балки и овраги.

Снегомерный маршрут должен быть характерным для окружающей местности по условиям формирования снежного покрова в поле, лесу или овраге. Каждый маршрут закрепляется на местности вехами, метками (краской или ленточками) на деревьях, кустарниках и т. п. После этого составляется описание маршрута и план окрестности в радиусе 5 км от станции с указанием маршрута. Описание маршрута снегомерки помещается в книжке КМ-5 перед первой сне-

госъемкой в сезоне. Выбранный маршрут должен быть постоянным в течение нескольких лет.

В случае, если по результатам анализа снегомерок будет установлено, что маршрут нетипичен для окружающего района или вблизи маршрута произошли изменения (строительство зданий, дорог, посадка или вырубка леса), оказывающие существенное влияние на залегание снежного покрова, производится замена маршрута.

При выборе маршрутов снегомерок должны соблюдаться следующие правила:

- маршрут снегомерок должен располагаться не далее 5 км от станции, не ближе 0,5 км от линии железных дорог, шоссе, окраин населенных пунктов с промышленными объектами;
- запрещается прокладка маршрутов на льду озер, рек и других водоемов; на местности, не доступной в периоды весеннего половодья, а также на поле аэродрома;
- не рекомендуется выбирать постоянный маршрут на полях, где в течение зимы производятся мероприятия по снегозадержанию.

Полевой маршрут прокладывается так, чтобы он пересекал типичные формы рельефа. Если прямолинейный маршрут выбрать не представляется возможным, разрешается прокладка маршрута в виде ломаной линии с тупыми углами. В лесостепных районах при наличии в окрестностях станции больших открытых участков длина полевого маршрута должна быть 2000 м. В лесных районах и в местности с ровным рельефом, на небольших полях, располагающихся среди лесов, выбирается полевой маршрут длиной 1000 м.

Снегомерки производятся регулярно в течение сезона при наличии снежного покрова. Первая снегомерка производится в день, когда степень покрытия снегом окрестности станции впервые в сезоне равна 6 баллам или больше. В дальнейшем сроки производства снегомерок зависят от ландшафта, по которому проложен маршрут.

На полевом маршруте снегомерки производятся 10-го, 20-го и в последний день каждого месяца; весной, перед началом и в период снеготаяния, производятся учащенные снегомерки в каждый последний день пятидневки (5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца). В районах с неустойчивым снежным покровом снегомерки на полевом маршруте производятся в последний день пятидневки.

Непосредственно перед каждой очередной снегомеркой проверяется:

- исправность переносной снегомерной рейки (наличие и четкость делений на рейке, вертикальность рейки, исправность острого наконечника и т.п.);

- исправность и равновесие весового снегомера. Если равновесие устанавливается при делении, отличном от нулевого, то это новое положение черты принимается за нулевое для данной снегосьемки. После производства снегосьемки необходимо установить причину повреждения и устранить его до следующей снегосьемки.

*Порядок измерений:*

- в начале маршрута (первая точка измерения на маршруте) производится измерение высоты снежного покрова с помощью переносной снегомерной рейки. Рейку необходимо погружать в снег вертикально до поверхности почвы, при этом острый конец ее не должен входить в землю. Если на поверхности почвы имеется притертая ледяная корка, то рейка не должна пробивать ее;

- далее производятся измерения высоты снежного покрова по маршруту через каждые 20 м на поле и через каждые 10 м в лесу;

- по мере движения по маршруту производится определение плотности снега; первая точка определения плотности снега выбирается на расстоянии 50–100 м от начала маршрута. На полевом маршруте длиной 2000 м выбирается 10 точек для определения плотности снежного покрова через каждые 200 м, на полевом маршруте длиной 1000 м – через 100 м;

- в точках, выбранных для определения плотности снега, берется проба снега весовым снегомером, измеряется толщина слоя талой воды, слоя снега, насыщенного водой, толщина притертой ледяной корки, а также оценивается состояние почвы под снежным покровом (мерзлая или талая).

При взятии пробы снега цилиндр снегомера погружают отвесно в снег отточенным краем вниз. По шкале цилиндра отсчитывают высоту снега с точностью до 1 см, отгребают лопаточкой снег с одной стороны цилиндра и подводят ее под нижний его край. Подняв цилиндр вместе с лопаточкой, переворачивают его и очищают наружную поверхность от снега. Пробу снега взвешивают, при этом следует стоять спиной к ветру, и выбрасывают рядом с местом измерения. Затем тщательно очищают внутреннюю поверхность цилиндра от снега.

При высоте снежного покрова более 60 см следует взять несколько проб так, чтобы высота столба снега для каждой пробы была меньше 60 см. Если на поверхности почвы имеется талая вода или снег, насыщенный водой, то цилиндр снегомера опускается только до этого слоя.

Проба снега не берется, если в радиусе 5 м от выбранной точки высота снега меньше 5 см или в месте определения плотности имеется только талая вода, снег, насыщенный водой, или притертая ледяная корка. Измерение толщины слоя талой воды, снега, насы-

щенного водой, и ледяной корки необходимо производить сразу после взятия пробы снега до взвешивания ее:

- для измерения толщины ледяной корки необходимо пробить корку до поверхности почвы рейкой или зубилом, после чего измерить толщину ледяной корки линейкой с миллиметровыми делениями;

- измерение толщины слоя талой воды или слоя снега, насыщенного водой, производится после взятия пробы снега весовым снегомером с помощью снегомерной рейки или лопаточки весового снегомера;

- после прохождения всего маршрута дается характеристика залегания снежного покрова на маршруте (словесная и в цифрах кода КН-01);

- с 20-го февраля производятся дополнительные измерения толщины ледяной корки в 10 точках полевого маршрута, которые выбираются между точками определения плотности (примерно посередине).

*Запись результатов снегосьемки*

Запись производится в книжку КМ-5 непосредственно на маршруте. Отсчеты высоты снежного покрова записываются в порядке последовательности измерений с точностью до 1 см. При высоте меньше половины первого деления рейки (меньше 0,5 см) записывается 0. Если высота снежного покрова больше или равна половине деления, то следует записать 1 см. Если в точке измерения отсутствует снежный покров, графа остается незаполненной; если наблюдается только притертая ледяная корка, то в графе отмечается наличие ледяной корки (п.к.).

Результаты измерений по снегомеру записываются для каждой точки определения плотности снежного покрова в графы «Отсчет по шкале цилиндра, *h*» и «Отсчет по линейке весов, *m*». Если измерение плотности производится в несколько приемов, то все отсчеты вписываются в одну строку и соединяются знаком плюс; так же записываются и отсчеты по линейке весов.

Если в точках измерения плотности снега измерена ледяная корка, талая вода или снег, насыщенный водой, то результаты таких измерений записываются в соответствующие графы той строки, где записаны результаты измерения плотности снега. Графы не заполняются, если таких слоев не обнаружено.

Результаты измерения ледяной корки в дополнительных точках записываются рядом с результатами измерений в соседней точке (через запятую).

*Обработка результатов снегосьемки*

По результатам снегомерных съемок вычисляются:

- средняя высота снежного покрова без ледяной корки ( $h_c$ );
- средняя высота снежного покрова с учетом толщины ледяной корки ( $h$ );
- средняя толщина ледяной корки ( $z_k$ );
- степень покрытия маршрута снегом ( $L_m$ );
- степень покрытия маршрута ледяной коркой ( $L_k$ );
- средняя плотность снега ( $g$ );
- запас воды в снеге ( $Q_c$ );
- запас воды в ледяной корке ( $Q_k$ );
- запас воды в слое талой воды ( $Q_a$ ) и слое снега, насыщенного водой ( $Q_{cb}$ );
- общий запас воды в снежном покрове.

Обработка результатов снегосъемки производится сразу после окончания снегосъемки. Запись производится в соответствующие графы книжки КМ-5.

Средняя высота снежного покрова без учета ледяной корки ( $h_c$ ) вычисляется по результатам измерения во всех точках маршрута, в том числе и тех, где вообще отсутствует снег, талая вода или снег, насыщенный водой.

Таким же способом вычисляется и средняя толщина ледяной корки ( $z_k$ ), т.е. сумма всех измеренных значений толщины ледяной корки делится на число точек измерения, включая и те точки, где ледяная корка отсутствовала. При наличии дополнительных измерений ледяной корки средняя толщина вычисляется из всех измеренных значений (основных и дополнительных). Аналогично вычисляются средние толщины слоев снега, насыщенного водой ( $z_{cb}$ ), и талой воды ( $z_a$ ).

Средняя высота снежного покрова с учетом ледяной корки ( $h$ ) представляет собой сумму  $h_c$  и  $z_k$ .

Из всех значений высоты снежного покрова выбирается наибольшая ( $h_k$ ) и наименьшая ( $h_m$ ) высоты. При наличии на маршруте ледяной корки средняя ее толщина прибавляется к выбранным значениям высот. Если в какой-либо точке наблюдается только ледяная корка, то наименьшая высота снежного покрова берется равной средней толщине ледяной корки, округленной до целых сантиметров. Если на маршруте имеются точки оголенной поверхности почвы без ледяной корки, то наименьшая высота не указывается, а в книжку КМ-5 заносится косая черта (/).

Степень покрытия маршрута снегом ( $L_m$ ) выражается отношением числа точек, в которых была измерена высота снежного покрова,

к общему числу точек на маршруте. Результат выражается в баллах, 1 балл равен 0,1 общего числа точек.

Степень покрытия маршрута ледяной коркой ( $L_k$ ) вычисляется по числу точек, в которых была измерена ледяная корка при определении плотности снега (10 точек на полевом и 5 точек на лесном маршрутах). При проведении дополнительных измерений ледяной корки степень покрытия определяется по 20 точкам.

Плотность снега вычисляется как отношение массы пробы снега к ее объему.

$$g = \frac{5m}{50h} = \frac{m}{10h}, \quad (10.1)$$

здесь  $m$  – отсчет по линейке весов;  $5m$  – масса пробы снега, т.к. каждое деление линейки весов соответствует 5 г;  $h$  – отсчет по шкале цилиндра;  $50h$  – объем взятой пробы, т.к. площадь поперечного сечения цилиндра 50 см<sup>2</sup>.

Плотность снега вычисляется с точностью до сотых долей г/см<sup>3</sup>. Если измерение плотности снега производилось в несколько приемов, то вычисление плотности производится по сумме отсчетов по шкале цилиндра и сумме отсчетов по линейке весов.

Запас воды в слое снега вычисляется по формуле

$$Q_c = 10g[h_c - (z_{cb} + z_a)], \quad (10.2)$$

где  $g$  – средняя плотность снега;  $h_c$  – средняя высота снежного покрова без ледяной корки;  $z_{cb}$  и  $z_a$  – средние толщины слоя снега, насыщенного водой, и слоя талой воды, вычисленные по измерениям в точках определения плотности снежного покрова; 10 – коэффициент для перевода высоты слоя воды в миллиметры.

Запас воды в слое снега, насыщенного водой, вычисляется по формуле

$$Q_{cb} = 10g_{cb}z_{cb} = 8z_{cb}, \quad (10.3)$$

где  $g_{cb}$  – плотность снега, насыщенного водой, равная 0,8 г/см<sup>3</sup>.

Запас воды в слое талой воды вычисляется по формуле

$$Q_a = 10g_a z_a = 10z_a, \quad (10.4)$$

где  $g_a$  – плотность талой воды, равная 1,0 г/см<sup>3</sup>.

Запас воды в ледяной корке вычисляется по формуле

$$Q_k = g_k z_k = 0,8z_k, \quad (10.5)$$

где  $g_k$  – плотность ледяной корки, равная 0,8 г/см<sup>3</sup>.

$$Q = Q_c + Q_{cb} + Q_a + Q_k. \quad (10.6)$$

На станциях, где полевой маршрут состоит из двух отрезков, характеристики снежного покрова вычисляются отдельно для каждого участка.

## 10.6. Контрольные вопросы

1. Какие характеристики снежного покрова определяют при ежедневных наблюдениях, при снегомерных съемках?
2. Какие основные приборы используются при наблюдениях за снежным покровом?
3. Каков порядок измерений высоты снежного покрова?
4. Как определяется плотность снега?

## 11. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

### 11.1. Методы наблюдений

К гололедно-изморозевым отложениям относятся отложения льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на поверхности сооружений, ветвях деревьев, проводах.

На метеорологических станциях проводятся как визуальные наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями как метеорологическими явлениями, так и инструментальные наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями на проводах гололедного станка. При этом определяют следующие характеристики гололедно-изморозевых отложений:

- вид гололедно-изморозевого отложения на проводе;
- продолжительность обледенения (время начала и окончания явления);
- размеры отложения на проводе;
- масса отложения на одном метре длины провода;
- ход развития процесса гололедно-изморозевого отложения.

За отложением инея на проводах гололедного станка наблюдения не проводятся.

Вид и продолжительность гололедно-изморозевого отложения определяются наблюдателем путем визуального осмотра проводов гололедного станка. Одновременно производится оценка фактических погодных условий с целью правильного определения вида наблюдаемого отложения.

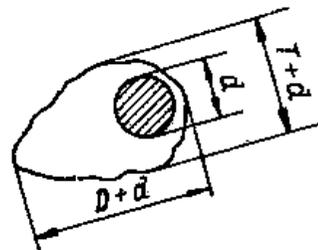


Рис. 11.1. Схема измерения диаметра и толщины отложения.

Размеры отложения (рис. 11.1) определяются на основании измерений наибольшей по величине оси поперечного сечения отложения (диаметр  $D$ ) и расстояния между двумя наиболее удаленными точками в направлении, перпендикулярном линии диаметра (толщина  $T$ ). Диаметр и толщина отложения выражаются в миллиметрах; диаметр провода  $d$  из результатов измерений вычитается.

Масса отложения определяется по объему растаявшей пробы отложения, взятой с участка провода длиной 25 см, с последующим пересчетом в массу отложения на одном метре провода; выражается в граммах на метр длины.

### 11.2. Средства измерений

При производстве наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями применяются следующие технические устройства и средства измерений:

- гололедный станок с четырьмя проводами и комплектом приспособлений для снятия отложения (ванна для оттаивания гололедного отложения и инструменты для очистки провода);
- штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм;
- шаблоны для измерения больших размеров отложения;
- измерительный стакан СО-200.

*Гололедный станок* (рис. 11.2). Он состоит из трех стоек 3 с укрепленными на них двумя парами проводов 1, которые служат приемниками отложения льда. Стойки могут быть металлическими или деревянными. Они устанавливаются вертикально на расстоянии 90 см друг от друга так, чтобы в плане образовался прямой угол, одна сторона которого направлена с севера на юг, а другая – с запада на восток.

Провода прикрепляются к стойкам с помощью скоб 2 так, что одна пара направлена с севера на юг (меридиональная), а вторая – с запада на восток (широтная).

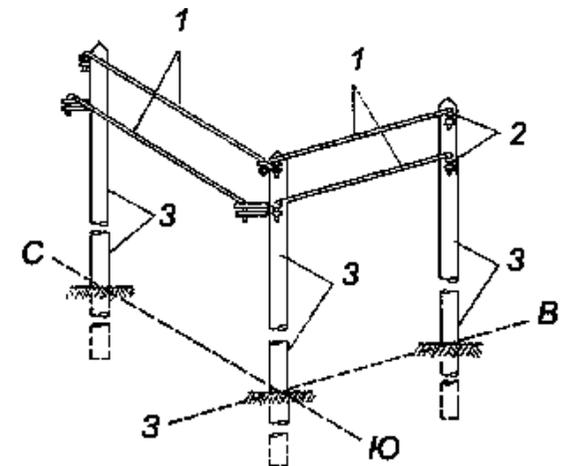


Рис. 11.2. Схема установки гололедного станка: 1 – провода, 2 – скобы, 3 – столбы.

Проводами служат четыре отрезка проволоки диаметром 5 мм. Концы каждого отрезка согнуты под прямым углом так, чтобы горизонтально располагающийся участок имел длину 90 см.

Нижние провода (широтный и меридиональный) подвешиваются на длинных скобах. Скобы привинчиваются к стойкам таким образом, чтобы провода висели на расстоянии 10 см от стоек на высоте 190 см от поверхности почвы. Верхние провода (широтный и меридиональный) подвешиваются на коротких скобах. Скобы привинчиваются к стойкам так, чтобы провода находились на высоте 220 см от поверхности почвы.

Нижние провода при наблюдениях не снимаются и называются *постоянными*. На этих проводах измеряются размеры отложения. Верхние провода снимаются для определения массы отложения и называются *сменными*.

Провода необходимо поднимать по мере увеличения высоты снежного покрова. При уменьшении высоты снежного покрова (от таяния, уплотнения и т.п.) провода следует соответственно опускать.

Гололедный станок должен быть установлен постоянно на метеорологической площадке. В теплый период года провода с гололедного станка снимают, смазывают техническим вазелином для предохранения от коррозии и убирают в помещение. Перед наступлением сезона наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями гололедный станок и все дополнительные приспособления к нему приводят в рабочее состояние.

*Ванна для оттаивания гололедного отложения* (рис. 11.2). Представляет собой металлический цилиндр длиной 25 см, раскрывающийся на две половины. Вырезы в боковых стенках ванны служат для помещения в них провода как при симметричном, так и при несимметричном отложении льда на нем.

Станции, где максимальное значение отложения не превышает 100 мм, должны иметь ванны диаметром 15 см. На станциях, где отложения достигают больших значений, должны быть ванны двух размеров: диаметром 15 и 25 см.

*Гололедный шаблон* (рис. 11.3). Представляет собой прямоугольник из прозрачного материала (оргстекла, целлулоида и т.п.), в средней части которого имеется вырез с нанесенными по его краям делениями шкалы. Малый шаблон (рис. 11.3 а) предназначен для измерения

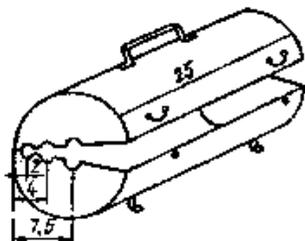


Рис. 11.2. Ванна для оттаивания гололедного отложения.

мерения размеров отложения до 50 мм, большой (рис. 11.3 б) – до 100 мм.

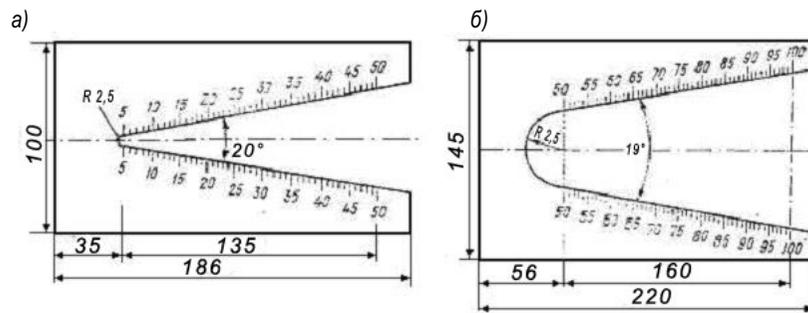


Рис. 11.3. Гололедный шаблон для измерения отложений: а – менее 50 мм, б – более 50 мм.

### 11.3. Производство наблюдений

Наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями на проводах производятся с момента появления отложения до момента полного его исчезновения с проводов станка. Провода гололедного станка следует осматривать при каждом выходе на метеорологическую площадку, одновременно оценивать фактические погодные условия с точки зрения возможности начала образования гололедно-изморозевого отложения.

Время появления отложения хотя бы на одном из проводов гололедного станка принимается за начало случая явления. Продолжительность гололедно-изморозевого явления может составлять несколько дней. За окончание явления принимается момент его полного исчезновения с проводов станка. От момента возникновения отложения и до его окончания осмотр проводов станка должен производиться не только в сроки наблюдений, предусмотренные программой станции, но и в промежутках между ними, не реже чем через полтора часа.

#### *Определение вида и стадии гололедного отложения*

При появлении отложения на любом из проводов гололедного станка производится определение вида гололедно-изморозевого отложения. В зависимости от структуры различают четыре вида отложения: гололед, зернистую изморозь, кристаллическую изморозь, отложение мокрого снега. Условия образования и внешний вид отложений подробно описаны в главе 8 п. 8.2.

В зависимости от строения гололедно-изморозевые отложения могут быть простыми, образованными одним видом отложения, или сложными. Сложное отложение состоит из нескольких слоев различных видов отложений, оно образуется при чередовании различных процессов формирования отложений. Иногда на уже образовавшемся отложении может оседать снег. В этом случае снег не следует выделять как отдельное отложение или отмечать как сложное отложение.

После определения вида отложения, определяют его стадию. В ходе развития процесса гололедно-изморозевого отложения различают три стадии:

- стадию нарастания – период непрерывного увеличения отложения;
- стадию сохранения – период, на протяжении которого форма и размеры отложения сохраняются неизменными;
- стадию разрушения – период уменьшения и разрушения отложения.

На протяжении одного случая гололедно-изморозевого отложения стадии могут повторяться, перемежаясь по нескольку раз.

Для определения стадии отложения очищают участки длиной 20 см на нижних проводах станка, удалив с них отложение. Участки выбирают вблизи края проводов у средней стойки станка. При последующих осмотрах проводов станка нужно определять, продолжается ли нарастание отложения и не изменился ли вид отложения.

Если на очищенных при предыдущем осмотре участках вновь появляется отложение, то это свидетельствует о продолжении его нарастания (стадия нарастания). Если при этом вид отложения изменился, то это свидетельствует об окончании стадии нарастания одного вида отложения и о начале стадии нарастания отложения другого вида (образование сложного отложения).

Если при очередном осмотре обнаруживается, что на обоих очищенных ранее участках проводов отложение не образовалось, то это свидетельствует о прекращении нарастания отложения, т. е. об окончании стадии нарастания. С этого момента начинается стадия сохранения или разрушения отложения.

#### *Измерение параметров отложения*

После окончания стадии нарастания определяют строение (простое или сложное) отложения, измеряют его диаметр и толщину на нижних проводах. Размер отложения (диаметр и толщина) определяется на неочищаемой части провода и характеризует величину отложения, образовавшегося за время от начала возникновения отложения до момента измерения.

Поверхность отложения часто бывает неровной. Поперечное сечение в этом случае неодинаково на различных участках провода.

Измерение диаметра и толщины отложения делается всегда приблизительно посередине провода, причем исключаются отдельные крупные выступы отложений (иглы, сосульки и т. п.), находящиеся на расстоянии более 2 см друг от друга. При более тесном расположении этих выступов их нужно принимать во внимание. Для измерения размеров отложения служит штангенциркуль. Если диаметр отложения больше 30 мм, удобнее пользоваться шаблонами Пономарева (рис. 11.3).

Если в результате измерения размеров отложения на нижних проводах станка будет установлено, что диаметр отложения хотя бы на одном из них достиг или превысил размеры, указанные в табл. 11.1, то дополнительно следует измерить диаметр и толщину отложения на верхних (сменных) проводах и определить массу отложения на том из них, диаметр отложения на котором больше.

*Таблица 11.1*

Значение диаметра отложения (за вычетом диаметра провода), при достижении которого нужно измерять размеры отложения на верхних (сменных) проводах и производить измерение массы отложения

Вид отложения	Диаметр отложения, мм
Гололед и стекловидное отложение мокрого снега	5
Зернистая изморозь и снеговидное отложение мокрого снега	10
Кристаллическая изморозь	15

*Примечание.* При больших размерах отложения (табл. 11.2), когда оно начинает осыпаться под действием собственной массы или ветра, продолжая нарастать, следует измерить, как обычно, диаметр, толщину и определить массу отложения, не дожидаясь окончания стадии нарастания.

Если наблюдается сложное отложение, то массу его следует определять, когда диаметр отложения достигает размеров, указанных в табл. 11.1 для вида отложения большей плотности. Например, при отложении зернистой изморози и гололеда массу отложения нужно определять, если диаметр его будет 5 мм, при отложении кристаллической изморози и зернистой изморози – 10 мм.

Масса отложения определяется тогда, когда заканчивается стадия нарастания. При определении массы берется отложение с участка длиной 25 см на том из верхних проводов, диаметр отложения на котором больше. Для этого перед снятием провода с гололедного станка под его середину подводится ванна с раскрытой крышкой и надевается на провод. Крышка закрывается и застегивается, а ванна остается висеть на проводе. Свободные концы провода очищаются от отложения так, чтобы не сдвинуть ванну. Затем, подняв провод за концы, его вместе с ванной снимают со станка и на его место устанавливают запасной провод.

Если по какой-либо причине часть отложения перед определением его массы разрушилась и на сменном проводе не осталось неповрежденного участка длиной 25 см, то следует измерить массу либо наиболее длинного сохранившегося участка отложения на сменном проводе, либо нетронутой части отложения на постоянном проводе. Если длина неповрежденного участка менее 10 см, то масса не определяется.

Ванна со снятым проводом вносится в теплое помещение и ставится горизонтально. Ставить ванну близко к источникам тепла (раскаленная печь, электрическая плита и др.) для ускорения таяния льда не следует, так как при этом значительная часть талой воды может испариться. После того как отложение растает, талая вода сливается в измерительный стакан осадкомера. Уровень измеряемой воды в стакане осадкомера отсчитывается с точностью до целых делений. Половина деления стакана округляется в сторону большего значения. Если уровень воды меньше половины первого деления, записывается 0, если равен половине, – 1.

Полученные значения массы отложения в делениях стакана переводятся в массу отложения на одном метре провода в целых граммах. Перевод производится по формуле

$$M = 8N, \quad (11.1)$$

где  $M$  – масса отложения в граммах;  $N$  – число делений стакана.

Если в книжке КМ-4 указано, что отложение для измерения было взято с провода длиной  $l$  меньше или больше 25 см, то это необходимо учитывать при подсчете массы. В этих случаях для приведения делений стакана осадкомера к массе отложения с 1 м провода пользуются следующей формулой:

$$M = 8N \frac{25}{l}. \quad (11.2)$$

После определения массы отложения провод и ванна просушиваются и убираются в сухое место.

#### 11.4. Запись и обработка результатов наблюдений

Результаты наблюдений за гололедно-изморозевыми отложениями заносятся в книжку КМ-4. Каждый случай гололедно-изморозевого явления получает свой порядковый номер. Затем указывается число месяца, которое проставляется в начале каждого случая и при наступлении новых суток. Результаты измерений на меридиональных проводах станка обозначаются буквой «м», а на широтных – буквой «ш».

При появлении отложения ставится знак вида отложения (табл. 11.2), а рядом с ним – время осмотра проводов станка (по СГВ).

При последующих осмотрах в случае продолжения нарастания записывается только время осмотра. Если нарастание прекратилось или началось нарастание другого вида отложения (в случае сложного отложения), запись переносится на новую строку. В начале строки проставляется соответствующий знак (знак стадии сохранения или нового вида отложения), указывается время предыдущего, затем время данного осмотра.

Таблица 11.2

Условные знаки для обозначения вида гололедно-изморозевого отложения в стадиях нарастания, сохранения и разрушения

Вид обледенения	Условный знак	
	в стадии нарастания	в стадии сохранения и разрушения
	Простые отложения	
Гололед		
Зернистая изморозь		
Кристаллическая изморозь		
Отложение мокрого снега (или замерзшее отложение мокрого снега)		
	Сложные отложения (отмечаются только в стадии сохранения и разрушения)	
Зернистая изморозь на гололеде		
Гололед на зернистой изморози		
Кристаллическая изморозь на замерзшем отложении мокрого снега		
Зернистая изморозь с осевшей на ней кристаллической изморозью на гололеде		
Гололед, зернистая изморозь, гололед, зернистая изморозь		

В случае сложного отложения после прекращения его нарастания в новой строке ставятся знаки всех видов отложений, заключенные в общий прямоугольник. При этом знак отложения, наблюдавшегося раньше, ставится левее. В табл. 11.3 приведен пример записи в книжке КМ-4.

За время окончания случая гололедно-изморозевого отложения принимается время того осмотра проводов станка, когда было обнаружено, что ни на одном из них отложения не оказалось. Запись

диаметра и толщины отложения на проводах станка производится в строке, соответствующей окончанию записей стадии нарастания отложения. Диаметр и толщина отложения всегда пишутся за вычетом диаметра провода с округлением до целых миллиметров, независимо от величины отложения. Если при измерении толщины отложения окажется, что она меньше диаметра провода, то в графе «Толщина» записывается нуль.

Таблица 11.3

Образец заполнения книжки КМ-4

№ случая обледенения	Число	Провод	Ход обледенения	Размеры отложения, мм				Деления стакана	Примечания	Подпись наблюдателя
				Постоянные провода		Сменные провода				
				диаметр	толщина	диаметр	толщина			
1	15	м	▼ 23 <sup>00</sup> – 0 <sup>30</sup> – 1 <sup>50</sup> – 3 <sup>10</sup>	7	5			2/0,2	Обледенение на проводах станка началось раньше, чем на окружающих предметах	
		ш	▼ 23 <sup>00</sup> – 0 <sup>30</sup> – 1 <sup>50</sup> – 3 <sup>10</sup>	7	6					
		м	☐ 3 <sup>10</sup> – 4 <sup>30</sup> – 6 <sup>00</sup> – 7 <sup>30</sup>							
		ш	☐ 3 <sup>10</sup> – 4 <sup>30</sup> – 6 <sup>00</sup> – 7 <sup>30</sup>							
		м	▼ 7 <sup>30</sup> – 8 <sup>50</sup> – 10 <sup>30</sup> – 10 <sup>00</sup>	15	9	16	10			
		ш	▼ 7 <sup>30</sup> – 8 <sup>50</sup> – 10 <sup>30</sup> – 10 <sup>00</sup>	17	11	17	12			
		м	☐ 11 <sup>00</sup> – 13 <sup>30</sup> – 15 <sup>00</sup> – 16 <sup>15</sup>							
		ш	☐ 11 <sup>00</sup> – 13 <sup>30</sup> – 15 <sup>00</sup>							

В графу «Деления стакана» записывается измеренное количество воды, образовавшейся после таяния отложения, в виде дроби, где числитель – количество делений стакана, знаменатель – количество граммов, рассчитанное для массы отложения на одном метре провода. Запись производится с точностью до целых делений измерительного стакана и до целого грамма массы.

В графе «Примечания» кратко записываются явления, имеющие место при гололедно-изморозевых отложениях (провисание, вибрация или обрыв телеграфных и телефонных проводов, поломка столбов в районе расположения станции; одновременное начало или окончание отложения на проводах станка и на других предметах; отложение только на проводах станка при отсутствии на других

предметах), а также отмечаются все отклонения от обычных правил наблюдений и причины, вызвавшие их.

### 11.5. Наблюдения за опасными гололедно-изморозевыми явлениями и СГЯ

Отложения гололеда и мокрого снега являются опасными уже при появлении отложения (независимо от диаметра). Для каждого района устанавливаются свои критерии опасности гололедно-изморозевых явлений. В табл. 11.4 указаны критерии, принятые для нашего региона.

Таблица 11.4

Критерии опасности опасных гололедно-изморозевых явлений и СГЯ

Название явления	Критерии опасности		
	ОЯ		СГЯ
	слабое	умеренное	
Гололед	5 мм и менее	от 6 до 19 мм	20 мм и более
Изморозь	до 50 мм	более 50 мм	-
Отложения мокрого снега	до 10 мм	от 11 до 34 мм	35 мм и более

В случае сложного отложения опасными считаются размеры отложения, указанные для гололеда (если они не указаны специально). Отложение изморози (зернистой и кристаллической) становится опасным с того момента времени, когда диаметр отложения достигает определенного для данного района опасного значения, и этот момент принимается за начало опасного явления. Опасность явления усиливается, если диаметр отложения превышает установленные для рассматриваемого района значения.

При наблюдениях за опасными гололедно-изморозевыми явлениями следует измерять размер отложения на протяжении всей стадии нарастания, если диаметр отложения близок к указанным критическим значениям. Эти измерения производятся как на широтном, так и на меридиональном проводах. Если хотя бы на одном из них диаметр достигает критического значения, отмечается начало или усиление опасного явления; после прекращения нарастания отложения отмечается окончание опасного явления. Одновременно при каждом измерении необходимо измерять и записывать температуру воздуха.

Результаты наблюдений за опасными гололедно-изморозевыми явлениями записываются в книжку КМ-1 (табл. 11.5). В записях о начале, усилении или окончании опасного гололедно-изморозевого явления указываются число месяца, название опасного явления,

время (часы, минуты), вид отложения, его диаметр (в миллиметрах) и температура воздуха при каждом измерении (с точностью до 0,1°C).

Таблица 11.5

Пример записи опасных гололедно-изморозевых отложений и СГЯ в книжку КМ-1

Число	Вид опасного явления или СГЯ и его характеристика	Время			
		9 <sup>30</sup>	11 <sup>35</sup>	12 <sup>30</sup>	14 <sup>05</sup>
2	Гололедно-изморозевое отложение; ∞	2 мм -0,9 °С	12 -0,4	13 -6,2	13 -8,3
	Гололедно-изморозевое отложение; ∞ V	14 мм -10,6 °С	16 -10,9	23 -11,1	24 -9,8

Гололедно-изморозевое отложение называют стихийным гидрометеорологическим явлением (СГЯ), если диаметр отложения достигает определенных значений или превышает их (табл. 11.4). В этом случае станция передает информацию об СГЯ, как об очередном усилении опасности гололедно-изморозевого явления.

#### 11.4. Контрольные вопросы

1. Какие характеристики гололедно-изморозевых отложений определяются на гидрометеорологических станциях?
2. Какие приборы используются при наблюдениях за гололедно-изморозевыми отложениями?
3. Как определяется вид и стадия гололедно-изморозевого отложения?
4. Назовите порядок измерения размеров отложения.
5. Как производятся наблюдения за гололедно-изморозевыми отложениями как опасными и стихийными гидрометеорологическими явлениями?

## 12. ИЗМЕРЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ

### 12.1. Общие сведения о метеорологической дальности видимости

Дальностью видимости называют то предельное расстояние, при котором наблюдаемый объект сливается с фоном, на котором он проектируется, и становится невидимым. Дальность видимости зависит от нескольких величин: от прозрачности атмосферы, от угловых

размеров наблюдаемого объекта, от контраста между наблюдаемым объектом и фоном, а также от остроты зрения наблюдателя.

При прохождении через атмосферу световой поток частично ею поглощается и рассеивается, вследствие чего он ослабляется, а в атмосфере образуется световая дымка. Чем менее прозрачна атмосфера, тем сильнее ослабление светового потока и ярче световая дымка. Прозрачность атмосферы характеризуется коэффициентом прозрачности  $\tau$ , показывающим, какая доля первоначально направленного светового потока пропускается единичным слоем атмосферы.

$$\tau = \frac{I_1}{I_0}, \quad (12.1)$$

где  $I_0$  – начальная интенсивность светового потока;  $I_1$  – интенсивность светового потока после прохождения им слоя атмосферы толщиной 1 км.

Для слоя толщиной  $l$  км имеет место зависимость

$$\tau^l = \frac{I_1}{I_0}. \quad (12.2)$$

Прозрачность атмосферы характеризуется также показателем ослабления  $\alpha$ . Параметры  $\tau$  и  $\alpha$  связаны между собой уравнениями:

$$\tau = e^{-\alpha}, \quad (12.3)$$

$$\alpha = -\ln \tau. \quad (12.4)$$

Яркостный контраст  $K$  выражается формулой

$$K = \frac{B_\phi - B_0}{B_\phi}, \quad (12.5)$$

где  $B_\phi$  – яркость фона;  $B_0$  – яркость объекта; при этом всегда  $0 \leq K \leq 1$ .

Человек видит предмет, если контраст его с фоном не меньше порога контрастной чувствительности глаза  $\varepsilon$ , т.е.  $K \geq \varepsilon$ . Среднее значение порога контрастной чувствительности глаза принимается равным 2% ( $\varepsilon = 0,02$ ).

В метеорологии приняты некоторые ограничения для определения дальности видимости, что в значительной мере упрощает измерения и вычисления дальности видимости. Метеорологическая дальность видимости (МДВ) зависит от прозрачности атмосферы и от зрения человека (порога контрастной чувствительности глаза  $\varepsilon$ ). Она определяется как дальность видимости черных тел, имеющих угловые размеры не менее 0,5°, проектируемых на фоне безоблачного неба вблизи горизонта. Таким образом полагаются условия, что яркость объекта равна нулю ( $B_0 = 0$ ), яркость фона определяется яркостью дымки  $B_\phi = \beta_\infty$ , объект и фон находятся в одной плоскости, т.е.

$\Delta l = 0$ . Исходя из всего перечисленного выше, МДВ будет определяться следующей формулой:

$$S_{.m} = \frac{\ln \varepsilon}{\ln \tau}, \text{ или} \quad (12.6)$$

$$S_{.m} = -\frac{\ln \varepsilon}{\alpha}. \quad (12.7)$$

Связь МДВ с видимостью черных объектов имеет смысл только для светлого времени суток (когда они видны). Для темного времени суток ее связывают с видимостью точечных огней. На метеорологических станциях используются визуальные, инструментально-визуальные и инструментальные методы определения метеорологической дальности видимости.

## 12.2. Визуальные методы

*Наблюдения за МДВ в светлое время суток.* Для определения МДВ днем подбирают 9 темных объектов, удаленных от пункта наблюдения на расстояние 50, 200, 500 м и 1, 2, 4, 10, 20 и 50 км. Допускаются отклонения от указанных стандартных расстояний до 20%.

Объекты, как естественные, так и специально сооружаемые для наблюдений, должны отвечать следующим требованиям:

- быть возможно более темными;
- проектироваться на фоне неба;
- иметь угловые размеры не менее 15';
- быть видимыми с места наблюдений под углом не более 5–6° к плоскости горизонта;
- должны располагаться преимущественно в северной части горизонта, чтобы при наблюдениях солнечный свет не слепил глаза.

После выбора объектов измеряют расстояния до них, оценивают угловые размеры объектов, составляют их описание и план расположения.

*Производство наблюдений* заключается в том, что наблюдатель определяет, какие из объектов при данном состоянии прозрачности атмосферы видимы и какие невидимы. Объект считается невидимым только в том случае, если он полностью сливается с фоном и совершенно неотличим от него, а видимым – такой, который различается на фоне неба или воздушной дымки хотя бы в виде неопределенного контура.

МДВ определяется по наиболее далекому видимому и по наиболее близкому невидимому объектам и оценивается по международной 9-балльной шкале (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Шкала баллов метеорологической дальности видимости

Балл	Расстояние до объекта при условии		Цифра кода КН-01	Балл	Расстояние до объекта при условии		Цифра кода КН-01
	виден	не виден			виден	не виден	
0	0	50 м	90	5	2 км	4 км	95
1	50 м	200 м	91	6	4 км	10 км	96
2	200 м	500 м	92	7	10 км	20 км	97
3	500 м	1 км	93	8	20 км	≥ 50 км	98
4	1 км	2 км	94	9	≥ 50 км	-	99

Определив наиболее удаленный из видимых объектов, наблюдатель должен записать его краткое условное обозначение и балл видимости в книжку КМ-1.

Определение всех градаций МДВ возможно и по неполному комплекту, состоящему, например, из четырех или пяти объектов, с использованием сведений о плотности воздушной дымки, покрывающей объект. Шкала оценки плотности воздушной дымки приведена в табл. 12.2.

Таблица 12.2

Оценка МДВ и плотности воздушной дымки на объектах ( $L$  – расстояние до объекта)

Характеристика видимости объекта и атмосферной дымки	МДВ	Степень плотности дымки
Воздушная дымка на объекте не видна. Цвет объекта и его детали видны совершенно отчетливо	≥ 10L	0
Объект отчетливо виден на фоне неба как темно-серый силуэт. Воздушная дымка покрывает объект настолько, что отдельные его детали и естественная окраска не воспринимаются	> 6L	1
Объект покрыт очень сильной воздушной дымкой. По яркости объект совершенно очевидно темнее неба	> 3L	2
Объект виден как силуэт, легко обнаруживаемый и узнаваемый, но мало отличающийся по цвету и яркости от неба	> 2L	3
Объект едва различим, обнаруживается с трудом, легко теряется из вида при наблюдении сквозь покрывающую его воздушную дымку	L	4

Наблюдатель должен осмотреть имеющиеся объекты, выбрать самый дальний из тех, которые можно различить, и оценить степень плотности воздушной дымки. Если значение МДВ оказывается в том интервале, где имеются объекты, расположенные подряд на стандартных расстояниях, то достаточно выбрать самый дальний из видимых объектов.

*Визуальные наблюдения за МДВ в темное время суток.* Для определения МДВ ночью в окрестностях станции подбирают серию огней, расположенных на различных расстояниях от пункта наблюдений. Для наблюдений нельзя пользоваться цветными огнями, а также источниками света, имеющими рассеивающие колпаки.

Оценка МДВ ночью производится по такой же балловой шкале, как и днем, и определяется по табл. 12.3. При выборе огней можно допускать отступление от расстояний, указанных в таблице, не больше чем на 25%.

Таблица 12.3

Оценка МДВ (в баллах) по видимости огней

Балл		Расстояние (км) от источника света силой (кд)								
огонь не виден	огонь виден	3,5	8,5	50	100	200	300	400	500	1000
0	1	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,16
1	2	0,28	0,31	0,38	0,41	0,44	0,46	0,47	0,48	0,51
2	3	0,53	0,60	0,77	0,84	0,91	0,95	0,98	1,00	1,07
3	4	0,83	0,91	1,28	1,42	1,54	1,63	1,68	1,72	1,86
4	5	1,24	1,50	2,06	2,32	2,56	2,71	2,82	2,90	3,16
5	6	1,77	2,19	3,24	3,66	4,12	4,41	4,62	4,79	5,27
6	7	2,53	3,35	5,43	6,37	6,98	8,04	8,43	9,88	10,00
7	8	3,09	4,30	7,55	9,12	10,80	12,00	12,70	13,40	15,50
8	9	4,22	5,30	10,40	13,30	16,40	18,60	20,20	21,50	25,80

Для получения оценки МДВ в темное время суток по огням наблюдатель должен в течение не менее 10 мин побыть вне освещенного помещения. Придя на пункт наблюдений, он должен последовательно просмотреть все выбранные огни, определить наиболее удаленный видимый огонь и записать его номер или условное обозначение в книжку КМ-1. К числу видимых огней относятся только те огни, которые видны как светящиеся точки. Если огонь представляется как расплывчатое пятно, он считается невидимым.

Полный комплект, по которому можно определять значения МДВ в требуемом диапазоне (от 50 м до 50 км), должен состоять из девяти огней. Желательно, чтобы при каждом уменьшении видимости на 1 балл становился невидимым очередной по номеру огонь. Если на местности, окружающей станцию, не удалось подобрать полного комплекта огней и в момент наблюдения будет виден и наиболее далекий огонь, то значение МДВ по нему может быть определено приблизительно. В этом случае наблюдатель должен отметить, что значение МДВ больше или равно тому значению, которое может быть определено по этому огню, поставив знак  $\geq$ .

### 12.3. Инструментально-визуальные методы

Результаты визуальных измерений МДВ очень сильно зависят от субъективных особенностей наблюдателя. Кроме того, в районе расположения многих станций отсутствуют объекты, необходимые для визуальных наблюдений за МДВ. Инструментально-визуальные методы позволяют получить более объективные данные по меньшему числу объектов, чем это необходимо для визуальных наблюдений. Причем допускается замена отсутствующих удаленных объектов близко размещаемыми небольшими черными щитами.

Приборы, используемые при инструментально-визуальных методах определения МДВ, основаны на принципе визуального фотометрирования, т.е. визуальном определении яркости объекта, яркости дымки или интенсивности ослабления и рассеивания света атмосферным воздухом от искусственного источника.

Наиболее распространенными приборами на сети гидрометеорологических станций являются поляризационный измеритель видимости М-53А для измерения МДВ в светлое время и нефелометрическая установка М-71 – в темное время. Описание этих приборов и методов наблюдений по ним за МДВ можно найти в Наставлениях.

*Измеритель дальности видимости ИДВ (рис. 12.1).* Данный прибор предназначен для измерения МДВ в светлую часть суток. Основными узлами ИДВ являются коллиматор, измерительное устройство с клином и зрительная трубка.

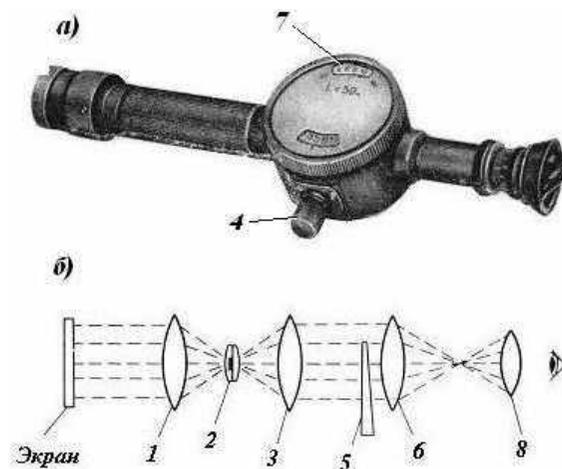


Рис. 12.1. Измеритель дальности видимости ИДВ: а – внешний вид; б – оптическая схема; 1, 3, 6 – объективы; 2 – линза; 4 – рукоятка; 5 – клин; 7 – шкальный диск; 8 – окуляр.

Коллиматор состоит из двух объективов – перемещаемого 1 и неподвижного 3 и линзы 2, имеющей круглую черную метку (марку), укрепленную в фокусе объектива 3. Коллиматор обеспечивает создание в поле зрения зрительной трубки изображения черной марки и наблюдаемого объекта, расположенного на любом расстоянии (более 3 м) от точки наблюдения.

Измерительное устройство предназначено для раздвоения изображения наблюдаемых объектов и ухудшения их видимости до полного исчезновения на данном фоне (исчезновения черной марки на фоне экрана). Измерительное устройство состоит из оптического ахроматического клина 5 и винтовой пары с рукояткой 4 для линейного перемещения клина относительно входной диафрагмы объектива зрительной трубки. Поступательное перемещение клина преобразуется в угловые перемещения шкального диска 7. На диске расположены две шкалы: верхняя – непосредственно со значениями метеорологической дальности видимости в километрах и нижняя – для производства градуировки прибора, а также при необходимости для более точного определения МДВ. Зрительная трубка состоит из объектива 6 и окуляра 8 и дает возможность одновременно рассматривать через окуляр четкие изображения марки и окружающих предметов.

К прибору прилагается черный матовый экран размером 40×40 см. Этот экран (щиток) устанавливают на столбе в 50 м от точки, из которой производят наблюдения. При выборе азимута наблюдений должны учитываться факторы, ранее указанные при выборе объектов для М-53А. Экран на столбе укрепляется на высоте 1,7–2 м от поверхности земли; верхняя кромка экрана из точки наблюдений может проектироваться несколько ниже открытой линии горизонта.

Выпускаемый ИДВ обеспечивает измерение МДВ в пределах 0,3–10 км. Погрешность измерения около 15% измеряемого значения.

*Производство измерений:*

- снять с ИДВ защитные колпачки, вращением рукоятки установить шкалу на нуль;
- прибор, установленный окуляром к глазу и рукояткой вниз, направить в произвольную точку небосвода и скорректировать четкость изображения марки (по своему глазу), вращая окуляр зрительной трубки в ту или другую сторону;
- затем направить прибор на черный экран и, вращая оправу переднего объектива коллиматора, добиться четкого изображения черного экрана;
- марку спроектировать на черный экран и медленно вращать рукоятку по часовой стрелке до тех пор, пока марка полностью не сольется с экраном и станет на его фоне незаметной (рис. 12.2 б).

Наблюдения производятся по основному верхнему изображению (на нижнее внимание не обращается);

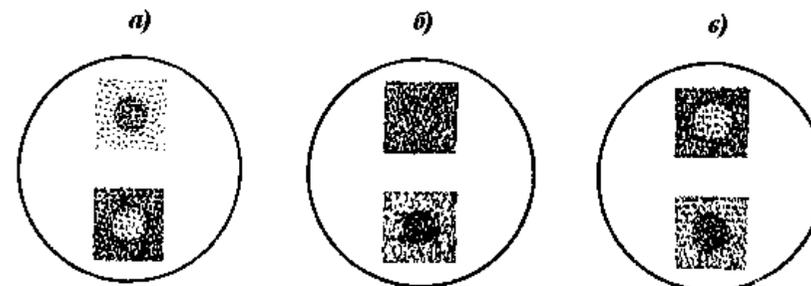


Рис. 12.2. Уравнивание яркости марки ИДВ и экрана.

- чтобы убедиться в полном погашении марки, небольшим наклоном прибора надо вывести ее на фон неба, затем снова совместить с экраном и, если окажется, что марка на экране еще видна, вращением рукоятки снова ее погасить. Вывод марки на фон неба и обратно на экран повторяют до тех пор, пока марка совершенно не будет различима на фоне экрана;
- убедившись в полном погашении марки, по шкале прибора отсчитать значение МДВ;
- произвести измерения три раза и вычислить среднее значение МДВ.

#### 12.4. Инструментальные (объективные) методы

Инструментальные методы измерения МДВ основаны на принципе физического фотометрирования (а не визуального, как при инструментально-визуальных методах), что позволяет полностью исключить влияние на результат измерения индивидуальных свойств наблюдателя (его зрения). В приборах этого типа в качестве приемника излучения применяются фотоэлементы, фотоэлектронные умножители и фотодиоды. В качестве источников света применяют лампы накаливания, импульсные лампы, светодиоды и лазеры.

На гидрометеорологической сети широко распространены модификации регистратора дальности видимости РДВ, являющегося специализированным компенсационным фотометром (рис. 12.3). РДВ основан на принципе сравнения интенсивности двух световых потоков, сформированных от одного источника света (лампы накаливания), один из которых попадает на фотоэлемент после прохождения

им некоторого слоя атмосферы, второй, контрольный, попадает на фотоэлемент непосредственно от лампы, не подвергаясь воздействию атмосферы.

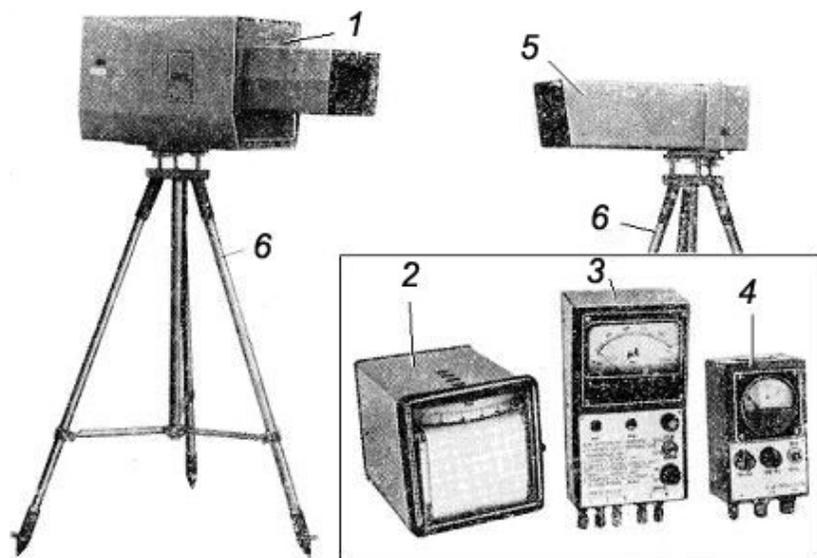


Рис. 12.3. Регистратор дальности видимости РДВ-3: 1 – фотометрический блок; 2 – регистратор; 3 – пульт управления; 4 – электрический щиток; 5 – отражатель; 6 – треноги.

*Регистратор дальности видимости РДВ-3.* Предназначен для непрерывного измерения и регистрации прозрачности атмосферы приземного слоя воздуха в любых метеорологических условиях как днем, так и ночью. Основными приборами РДВ-3 являются фотометрический блок 1, приземный отражатель 5, пульт управления 3, блок регистрации 2, электрический щиток 4 (все они соединены между собой кабелями) и два штатива, на которых устанавливаются фотометрический блок и приземный отражатель. Установку монтируют вблизи метеорологической площадки. Фотометрический блок устанавливается вместе с электрическим щитом в защитной будке. Отражатель устанавливают на расстоянии 100 м от фотометрического блока в защитной будке или на специальной вышке на высоте 5 м в защитном футляре. В передних стенках защитной будки и защитного футляра имеются квадратные отверстия для прохода световых импульсов, посылаемых фотометрическим блоком. Отверстия в будке и футляре защищены от попадания осадков и прямого солнечного све-

та козырьками. Пульт управления, регистратор и измерительные приборы устанавливаются в служебном помещении.

В фотометрическом блоке формируются два моделированных пучка света: зондирующий, измерительный, направляемый в атмосферу к отражателю, и контрольный, направляемый непосредственно к фотоэлементу. Зондирующий пучок после отражения от призмы отражателя возвращается в фотометрический блок и попадает на фотоэлемент. Оба модулированных пучка света попадают на фотоэлемент поочередно. Вызываемые ими сигналы сравниваются по амплитуде и уравниваются (компенсируются), при этом измеряется МДВ. Пределы измерения МДВ составляют от 250 до 6000 м (или в единицах прозрачности – от 6 до 90%). Погрешности измерения МДВ в светлое время суток составляют от 7 до 20% в зависимости от диапазона измерений.

## 12.5. Запись и обработка результатов измерений

### *Визуальные наблюдения.*

При визуальных наблюдениях за МДВ результаты заносятся в книжку КМ-1 следующим образом (Приложение 1):

- в первую и вторую клетки верхней строки записывают условное обозначение объекта и расстояние до него в километрах;
- в нижнюю строку заносят значение  $S_m$  в баллах, километрах и цифрах кода (слева направо в этой последовательности);
- значение  $S_m$  записывается со знаком  $\geq$ , если он указан в таблице, по которой определяется МДВ;
- если значение  $S_m \leq 4$  км и при этом не наблюдается никаких атмосферных явлений, необходимо в строке «Примечание» указать причину, вызвавшую понижение прозрачности атмосферы (пыль, дым и т.д.);
- результаты оценок  $S_m$  по видимости огней, записанные в виде номера или краткого условного обозначения огня, переводятся в значения  $S_m$  в километрах и цифрах кода.

### *Наблюдения за МДВ по приборам ИДВ и РДВ-3*

По ИДВ производят три отсчета МДВ в километрах, которые записываются в верхнюю строку КМ-1. По ним находят среднее значение и записывают его в километрах и цифрах кода во вторую и третью клетки нижней строки.

## 12.6. Контрольные вопросы

1. Чем отличается МДВ от обычного понятия дальности видимости?

2. Какие методы определения МДВ используются на метеорологических станциях?
3. В чем преимущество инструментальных методов?
4. Каков порядок наблюдений при визуальных методах определения МДВ?
5. Какие приборы используются при инструментально-визуальных наблюдениях?
6. Каков порядок наблюдений за видимостью по ИДВ?
7. Опишите принцип действия РДВ.

### 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ

#### 13.1. Метод определения продолжительности солнечного сияния

Продолжительность солнечного сияния есть время, в течение которого прямая солнечная радиация равна или больше  $0,1 \text{ кВт/м}^2$  ( $0,2 \text{ кал/(см}^2\text{/мин)}$ ).

Метод определения продолжительности солнечного сияния основан на регистрации времени, в течение которого интенсивность прямой солнечной радиации достаточна для получения прожога на специальной ленте, укрепленной в оптическом фокусе шаровой стеклянной линзы, и составляет  $1,4 \text{ кВт/м}^2$  ( $0,2 \text{ кал/(см}^2\text{/мин)}$ ).

#### 13.2. Средства измерения

Для регистрации продолжительности солнечного сияния применяется гелиограф Кемпбелля – Стокса полярной (универсальной) модели ГУ-1 (рис. 13.1).

*Устройство гелиографа:* основанием прибора является плоская металлическая плита с двумя стойками 1. Между ними на горизонтальной оси 2 укреплена подвижная часть прибора, состоящая из колонки 3 с лимбом 4 и нижним упором 7, скобы 6 с чашкой 5, в пазы которой вставляются ленты, верхним упором 15 и стеклянного шара 8, который является сферической линзой. На одном из концов горизонтальной оси 2 прибора с запада на восток и повороте верхней части прибора вокруг нее ось колонки 3 устанавливается параллельно оси вращения Земли (ось мира). Для закрепления установленного угла наклона оси колонки служит винт 11. Верхняя часть прибора может поворачиваться вокруг оси колонки 3 и фиксироваться в четырех определенных положениях. Для этого используется

специальный штифт 12, который вставляется через отверстие лимба 4 в одно из четырех отверстий диска 13, закрепленного на оси 2. Совпадение отверстий лимба 4 и диска 13 определяется по совпадению меток А, Б, В, Г на лимбе 4 с индексом 14 на диске. Ленты для гелиографа должны быть стандартными, склеенными из двух слоев бумаги и равномерно окрашенными со стороны шкалы в синий цвет.

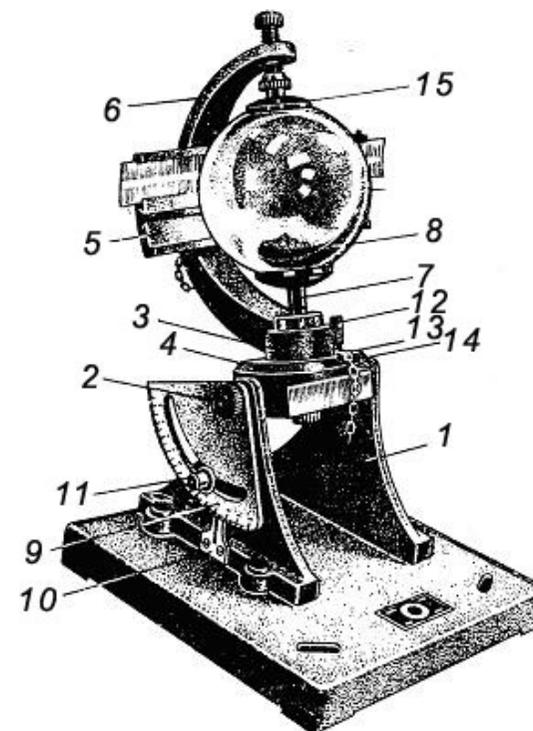


Рис.13.1 Гелиограф универсальный ГУ-1.

#### *Установка гелиографа:*

- гелиограф устанавливается на прочном столбе высотой 2 метра, исключив возможность его качания. Площадка на столбе должна быть строго горизонтальной, что проверяется в двух взаимно перпендикулярных направлениях;
- для установки гелиографа по географической широте станции ось гелиографа наклоняют и, ослабив стопорный винт, поворачивают верхнюю часть прибора вокруг горизонтальной оси, устанавли-

вая шкалу широт в таком положении, чтобы указатель широты совпал с делением шкалы широт, соответствующим широте места наблюдений (с точностью до  $0,5^\circ$ ). После установки по широте указатель широт закрепляется стопорным винтом;

- для установки гелиографа по линии географического меридиана нужно в солнечный день незадолго до наступления истинного полдня установить гелиограф с заложенной соответственно сезону лентой на середине площадки столба шаром на юг, т.е. совместив индекс диска с меткой Б на лимбе; в момент, соответствующий наступлению истинного полдня, гелиограф поворачивают таким образом, чтобы светящаяся точка оказалась на центральной линии ленты, совпадающей с такой же линией на чашке прибора;
- после закрепления гелиографа необходимо еще раз проверить его установку по уровню и ориентировку по меридиану;
- по окончании установки необходимо составить график закрытости горизонта, указав, с какой стороны и какими предметами закрыт горизонт, их высоту и расстояние до предметов.

### 13.3. Производство измерений

Производство измерений по гелиографу заключается в ежедневной установке лент и определении суммарного за каждый час прожога на них. В зависимости от возможной продолжительности солнечного сияния ленты в течение суток меняют один, два или три раза (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Время смены лент

Продолжительность дня, ч	Количество лент в сутки	Метка лимба	Время смены лент
9	1	Б	После захода Солнца
9 – 18	2	А В	После захода Солнца Около 12 ч
18 и более	3	А В Г	Около 4 ч Около 12 ч Около 20 ч

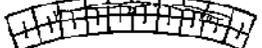
Ленты закладываются в пазы чашки так, чтобы среднее деление ленты совпадало со средней риской на чашке гелиографа. Лента после установки прикалывается иглой на штифте, который вставляется в специальное отверстие в чашке и фиксирует положение ленты. При правильной установке ленты прокол приходится на второе часовое деление от середины ленты. При смене ленты необходимо затенять собой прибор, чтобы не получить лишних прожогов.

Перед выходом на площадку на оборотной стороне ленты необходимо записать название станции, год, месяц, число установки ленты. Часы и минуты установки ленты записываются на оборотной стороне ленты непосредственно при ее наложении. После снятия ленты на ее оборотной стороне записывается точное время снятия, а также ее порядковый номер.

Смена лент в установленные сроки обязательно производится и в том случае, если была пасмурная погода и следов прожога на ленте нет. Иногда допускается повторное использование лент гелиографа в случае полного отсутствия следов прожога на них. При этом на обороте ленты указывают дату и время всех случаев установки и снятия лент; рядом с датой смены лент делается запись, что следов прожога не было. Все записи на ленте делаются только простым карандашом. В зависимости от сезона применяются прямые или изогнутые ленты, которые закладываются в верхний, средний или нижний пазы чашки (табл. 13.2).

Таблица 13.2

Периоды применения сезонных лент (прямых и изогнутых)

Паз	Вид ленты	Период года
Верхний		16/X – 28/II
Средний		1/III – 15/IV 1/IX – 15/X
Нижний		16/IV – 31/VIII

При двукратной и трехкратной смене лент у гелиографа универсальной модели в истинный полдень линия прожога приходится на край ленты. По этой причине следует в день проверки ориентировки гелиографа по меридиану дополнительно произвести смену лент в 8 ч, совместив индекс диска с меткой «Б» лимба. Тогда, если гелиограф установлен правильно, в истинный полдень светящаяся точка от сфокусированного луча солнца окажется точно на центральной линии заложенной ленты.

*Контроль за работой гелиографа:*

- производится ежедневная проверка правильности положения прожогов на лентах. При правильной установке гелиографа и условиях, что прибор исправен, линия прожога направлена параллельно верхнему (нижнему) срезу прямой (концентрично изогнутой) ленты. Оба конца записи в день с ясным восходом и заходом солнца отстоят на одинаковое расстояние от средней вертикальной линии часовой разметки ленты;

- искажения записи на лентах могут быть обусловлены неисправностью прибора, неправильной его установкой, а также невыполнением наблюдателями требований по производству наблюдений по гелиографу.

*Неисправности гелиографа:*

- не концентричность поверхностей шара и чашки; при этом запись на правой и левой частях ленты имеет неодинаковую ширину;
- нарушение фокусного расстояния, когда центр шара слишком удален или приближен к чашке; при этом время окончания записи на одной ленте не согласуется с моментами начала записи на следующей ленте на одну и ту же величину, т.е. протяженность записи гелиографа, полученная за час, не соответствует расстоянию между двумя часовыми линиями на ленте;
- наличие у гелиографа люфта между закрепляющим штифтом и отверстием диска, при этом наблюдаются излишки или недостатки записи за часовой промежуток времени, неодинаковые в разные дни.

*Неправильная установка гелиографа:*

- негоризонтальное положение прибора по линии запад-восток или неправильная установка по меридиану; при этом запись гелиографа систематически получается не параллельной продольной линии и верхнему (нижнему) срезу лент при наклоне одного из концов записи, а также запись гелиографа от восхода до захода в ясный день получается несимметричной относительно средней вертикальной линии, т.е. начало и конец записи находятся на неодинаковом расстоянии от 12-часовой линии;
- неправильная установка по линии север – юг и по широте; при этом наблюдается непараллельность линии записи срезу ленты (запись слишком искривлена по сравнению с кривизной ленты);
- затенение прибора; если затенение гелиографа происходит при восходе или заходе Солнца, то запись получается аналогично записи, получающейся при неправильной установке прибора относительно меридиана, т.е. несимметричной относительно средней линии ленты. Если затенение наблюдается между началом и концом записи, то это можно заметить при рассмотрении записей солнечного сияния за ряд солнечных дней в виде пробела в записи на одном и том же часовом промежутке. Если потеря записи из-за затенения превышает в сумме 0,2 ч, то ее восполняют непосредственными наблюдениями.

*Невыполнение требований к производству наблюдений по гелиографу:*

- неправильная закладка лент в чашку гелиографа;

- несвоевременный переход от одного типа лент к другому;
- несвоевременная смена лент;
- загрязнение шара гелиографа.

Неисправности гелиографа, неправильную его установку и невыполнение наблюдателями требований к производству наблюдений по гелиографу можно обнаружить при просмотре лент за ясный день и регулярном просмотре лент за ряд последовательных ясных дней.

#### 13.4. Обработка результатов

Обработка результатов заключается в вычислении продолжительности солнечного сияния за каждый час (в часах и десятых долях часа) по следам прожога на ленте гелиографа.

*Порядок обработки результатов:*

- снятые ленты предварительно просматривают для обнаружения возможных дефектов: проверяют правильность наложения ленты по месту прокола ее иглой. Если лента наложена верно и прокол приходится точно на второе часовое деление от середины ленты, то обработка производится по часовым интервалам, нанесенным на ленте. Если место прокола смещено более чем на 0,2 ч, следует произвести новую разбивку ленты по часовым интервалам, считая место прокола началом часа;
- для каждого часового интервала длина прожога на ленте оценивается в десятых долях часа и записывается карандашом под прожогом в этом часовом интервале. Если прожогом занят весь часовой промежуток, то записывается 1,0, если часть часового промежутка, то соответственно размеру этой части записывается 0,1; 0,2; 0,3 и т.д. Если в течение одного часа линия прожога была прерывиста и состояла из нескольких отдельных частей, то определяется продолжительность каждого отдельного прожога и вычисляется суммарная продолжительность за данный час;
- обязательно учитываются и очень слабые прожоги, даже в тех случаях, когда лента только слегка изменила окраску (если это является следствием действия солнца);
- считаются записью пропуски прожога на белых линиях, если прожог замечен непосредственно перед ними и сразу после них;
- запись гелиографа в виде отдельной точки принимается за 0,1 ч, если протяженность такой записи равна половине десятой доли часа (0,05) или несколько больше; более короткая запись принимается во внимание, если это единственный след солнечного сияния за весь день;

- принимаются за 0,1 ч единичные точечные прожоги, если они окажутся не в одном, а в нескольких часовых интервалах; все они приписываются какому-либо одному из этих часовых интервалов (предварительно нужно убедиться, что точки получены не во время смены лент). Очень слабые прожоги легко обнаруживаются, если наклонить ленту и рассматривать ее при косом освещении.

### 13.5. Контрольные вопросы

1. Назовите единицы измерения продолжительности солнечного сияния.
2. Опишите устройство гелиографа универсального ГУ-1 и его установку.
3. Каков порядок наблюдений по гелиографу?
4. Как производится обработка записей на лентах гелиографа?
5. Назовите основные неисправности гелиографа.

## ТЕПЛОБАЛАНСОВЫЕ И АКТИНОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

---

### 14. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОБАЛАНСОВЫХ И АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ I РАЗРЯДА

#### 14.1. Задачи теплобалансовых и актинометрических наблюдений

Теплобалансовые и актинометрические наблюдения являются составными частями системы гидрометеорологических наблюдений.

Актинометрические наблюдения имеют целью получение данных о радиационном режиме. Они включают в себя наблюдения за всеми видами потоков солнечной и земной радиации – прямой, рассеянной, суммарной, отраженной (альбедо), излучением Земли и атмосферы, радиационным балансом подстилающей поверхности.

Теплобалансовые наблюдения, т.е. наблюдения за составляющими теплового баланса деятельной поверхности, предназначены для получения данных о расходе солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, поэтому тесно связаны с подсистемой актинометрических наблюдений.

К наблюдениям предъявляются требования достаточной точности, репрезентативности и сравнимости. *Точность наблюдений* обеспечивается качеством приборов, их исправным состоянием, надлежащим уходом за ними и регулярной поверкой. *Репрезентативность* обеспечивается соблюдением требований к выбору места установки приборов. *Сравнимость результатов наблюдений* на различных станциях обеспечивается однотипностью применяемых приборов, одинаковыми методами производства наблюдений и обработки результатов.

Теплобалансовые и актинометрические наблюдения производятся на станциях I разряда, при этом наблюдения за составляющими теплового баланса могут как выполняться, так и не выполняться.

#### 14.2. Площадка для теплбалансовых и актинометрических наблюдений, программа и сроки измерений

Приборы, применяемые при теплбалансовых и актинометрических наблюдениях, устанавливаются на специальной площадке. Площадка должна быть открытой, ровной и находиться от различных препятствий (здания, заборы, деревья) на расстоянии, превышающем 20-кратную их высоту. Для актинометрических измерений закрытость горизонта в секторах восхода и захода не должна превышать 3–4°; естественная прозрачность атмосферы не должна искажаться влиянием местных источников запыления и задымления (дымовых труб, пыльных дорог и т.п.).

Если имеющаяся метеорологическая площадка отвечает этим требованиям, то с юга к ней прирезается дополнительный участок 10×26, на котором и размещаются необходимые установки. Примерный план размещения приборов приведен на рис. 14.1. Если метеоплощадка не соответствует этим требованиям, то установки для производства теплбалансовых наблюдений следует вынести за ее пределы.

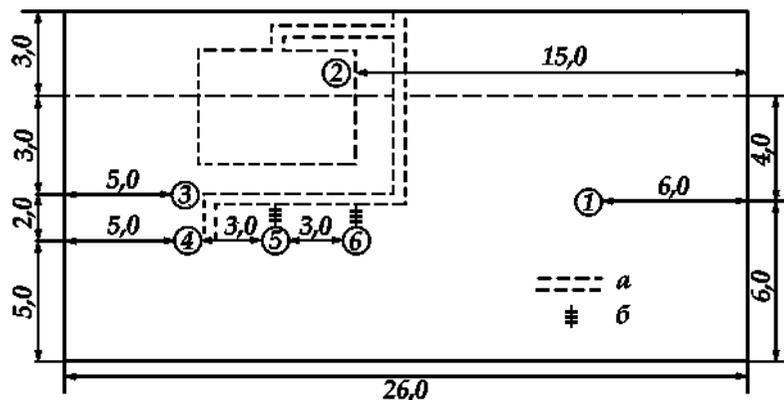


Рис. 14.1. План размещения приборов и оборудования на площадке для теплбалансовых наблюдений:

1 – актинометрическая стойка; 2 – термометры ТМ-3 и ТМ-5; 3-4 – анемометры на высоте 0,5 и 2,0 м; 5-6 – аспирационные психрометры на высоте 0,5 и 2,0 м.  
а – дорожки; б – речный подходный мостик.

Уход за площадкой для теплбалансовых наблюдений должен быть таким же, как и за основной метеорологической площадкой. Главная задача состоит в том, чтобы сохранить естественное со-

стояние травяного покрова, предохранить его от вытаптывания и проводить периодическое подкашивание травы. Высота травы на площадке не должна превышать 20 см. Хожение на площадке допускается только по специальным дорожкам.

Теплбалансовые наблюдения могут проводиться по полной или сокращенной программе. По полной программе наблюдения проводятся ежедневно в сроки 1, 7, 10, 13, 16 и 19 ч местного среднего солнечного времени. Полная программа наблюдений включает:

- измерение радиационного баланса и его составляющих;
- измерение температуры и влажности воздуха на уровнях 0,5 и 2 м;
- измерение скорости ветра на тех же уровнях;
- измерение температуры деятельной поверхности и температуры на глубинах 5, 10, 15, 20, 40 и 80 см;
- определение влажности верхнего слоя почвы (до 80 или 20 см);
- наблюдения за направлением ветра, облачностью, интенсивностью солнечного сияния, состоянием деятельной поверхности, высотой растительного или снежного покрова, характером погоды.

Последовательность выполнения теплбалансовых наблюдений по полной программе применительно к сроку 13 ч (для других сроков программа аналогична) приведена в табл. 14.1. Моменты начала и окончания наблюдений при необходимости могут смещаться в пределах 10–15 мин. По сокращенной программе наблюдения проводятся только в сроки 1 и 13 ч.

Таблица 14.1

Последовательность выполнения теплбалансовых наблюдений по полной программе (для срока 13 ч)

Время, ч мин	Наблюдаемый элемент	Наименование прибора и установки	Выполняемая работа
12 15	-	Анемометры, психрометры, напочвенные термометры	Осмотр и установка приборов
12 40	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Смачивание и завод
12 42	Температура поверхности почвы	Термометры ТМ-3	Первый отсчет
12 43	Состояние поверхности почвы	Визуально	Определение состояния поверхности на площадке и в радиусе 200 м
12 44	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Первый отсчет термометров, подзавод
12 45	Скорость ветра	Анемометры	Включение

12 47	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Второй отсчет термометров, подзавод
12 49	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Третий отсчет термометров, вторичное смачивание и подзавод
12 51	Облачность	Визуально	Количество облаков (общее и нижнего яруса)
12 52	Радиационный баланс	Балансомер, актинометр	Отсчеты по гальванометрам
12 54	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Четвертый отсчет термометров, подзавод
12 55	Скорость ветра	Анемометры	Выключение
12 56	Температура почвы		Отсчеты термометров
12 58	Температура и влажность воздуха	Психрометры	Пятый отсчет термометров
12 59	Направление ветра	М-63	Отсчет по шкале направления
13 00	Давление воздуха	Барометр	Отсчет по шкале

Примечание: перед каждым отсчетом психрометра на высоте 0,5 м записывается состояние диска Солнца значками.

Теплобалансовые и актинометрические наблюдения могут проводиться как по отдельности, так и совместно. Но в состав теплобалансовых наблюдений всегда должны входить наблюдения за радиационным балансом. Поэтому если теплобалансовые наблюдения проводятся отдельно и следуют за актинометрическими, то используются данные о радиационном балансе, полученные при актинометрических измерениях.

Если теплобалансовые наблюдения проводятся совместно с актинометрическими, то они выполняются так, как показано в табл. 14.1.

### 14.3. Определение высоты Солнца

Одним из главных факторов, определяющих интенсивность всех видов коротковолновой радиации, является высота Солнца над горизонтом. Кроме того, знание ее необходимо для расчета характеристик прозрачности атмосферы. Это обуславливает необходимость расчета данной величины при обработке данных актинометрических измерений.

#### Основные понятия

Солнце при своем движении по небесной сфере дважды в сутки проходит через меридиан пункта, момент прохождения меридиана называют *кульминацией Солнца*. Верхняя кульминация Солнца соответствует истинному полудню, нижняя – истинной полуночи.

*Истинное солнечное время*  $\tau_{\odot}$  отсчитывается в часах от момента нижней кульминации Солнца (полуночи). Оно используется для вычисления высоты Солнца  $h_{\odot}$ , его азимута  $A_{\odot}$ , моментов захода и восхода и продолжительности дня. Значение  $\tau_{\odot}$  одинаково для точек каждого меридиана и отлично для точек, имеющих разную долготу.

*Часовым углом Солнца*  $\tau$  – называют истинное солнечное время, отсчитанное от полудня в градусах, при этом до полудня часовой угол принимается отрицательным ( $-180^{\circ}, \dots, 0^{\circ}$ ), а после полудня – положительными ( $0^{\circ}, \dots, 180^{\circ}$ ).

*Истинные солнечные сутки* – это промежуток времени между однотипными кульминациями. Их продолжительность меняется в течение года вследствие неравномерности орбитального движения Земли.

*Средними солнечными сутками* – называют среднее за год значение истинных солнечных суток. Их продолжительность постоянна в течение года. Для определения средних солнечных суток используется понятие «среднего Солнца» – это воображаемая точка пространства, которая движется по небесному экватору в ту же сторону, что и Солнце, но с равномерной скоростью. Другими словами под средними солнечными сутками понимают промежуток времени между сходными кульминациями среднего Солнца.

*Средним (или местным) солнечным временем пункта*  $\tau_m$  называют время в часах, отсчитываемое от нижней кульминации среднего Солнца. Как и истинное солнечное время, оно свое для каждого меридиана.

*Уравнением времени*  $\Delta\tau$  называют разность между средним солнечным и истинным солнечным временем,

$$\Delta\tau = \tau_m - \tau_{\odot}, \quad (14.1)$$

отсюда следует, что

$$\tau_{\odot} = \tau_m - \Delta\tau \quad (14.2)$$

Значение  $\Delta\tau$  (мин) приведено в табл. 1.1, в течение года оно колеблется в пределах  $-16 \dots +14$  мин.

*Местным (или поясным) временем*  $\tau_m$  называют среднее солнечное время каждого 15-го меридиана. Это сделано для практического удобства. Весь земной шар разбит на 24 часовых пояса шириной в  $15^{\circ}$ , серединами которых служат меридианы  $0^{\circ}$  (Гринвич),  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}, \dots, 345^{\circ}$ . Поясное время принимается единым для каждого часового пояса и скачками меняется на 1 час при переходе из пояса в пояс. Каждый часовой пояс имеет свой номер N, который изменяется от 0 до 23, увеличиваясь при смещении на восток от Гринвича. Время каждого пояса отличается от гринвичского на число часов, равное N. Например, Москва находится во 2-ом часовом поясе, Бишкек – в 5-ом.

В разное время правительственными декретами вводилось зимнее и летнее декретное поясное время  $\tau_s$ , при котором часовая стрелка смещалась в отдельные сезоны на 1 или 2 часа вперед, а затем назад, по отношению к местному поясному времени  $\tau_m$ . В настоящее время эта система исчисления времени используется только в летний период – с последнего воскресенья марта по последнее воскресенье октября – и называется летним (декретным) временем, стрелки часов переводятся на 1 час вперед по отношению к среднему поясному времени.

В зимнее время стрелки часов переводятся обратно на 1 час назад, поэтому зимнее время совпадает с поясным.

*Определение истинного момента времени и высоты Солнца над горизонтом*

Для актинометрических наблюдений требуется определение истинного момента наблюдения  $\tau_o$  на меридиане станции, а также высоты Солнца над горизонтом  $h_o$ , т.к. от этой характеристики зависит интенсивность всех измеряемых видов коротковолновой радиации.

Истинное солнечное время определяется по формуле

$$\tau_o = \tau_m - \frac{4(\lambda - 15N)}{60} + \frac{\Delta\tau}{60}, \quad (14.3)$$

где  $\tau_m$  – поясное время пункта, ч;  $\lambda$  – долгота пункта, град;  $N$  – номер часового пояса;  $\Delta\tau$  – поправка к среднему солнечному времени, мин (Приложение 4).

Высота Солнца  $h_o$  для широты  $\varphi$  в момент истинного солнечного времени  $\tau_o$  (которому соответствует часовой угол  $\tau_i$ ) определяется по формуле

$$\sin h_o = \sin\varphi \sin\delta_o + \cos\varphi \cos\delta_o \cos\tau_i, \quad (14.4)$$

где  $\delta_o$  – склонение Солнца, град. (Приложение 5).

Так как истинное солнечное время  $\tau_o$ , используемое в актинометрических наблюдениях, отсчитывается от нижней кульминации Солнца, а часовой угол  $\tau_i$  – от верхней кульминации, то разница в началах отсчета составляет 12 ч (180°). Поэтому часовой угол Солнца вычисляется по следующей формуле

$$\tau_i = 15(\tau_o - 12), \quad (14.5)$$

где  $\tau_o$  – истинное солнечное время в часах, вычисляемое по формуле (14.2).

Пример.

Время наблюдения на учебной метеостанции КРСУ 25-го июня 2002 г. составило 9 ч 30 мин. Долгота и широта МС равны соответственно  $\varphi=42^\circ 51'$  ( $42,85^\circ$ ),  $\lambda=74^\circ 38'$  ( $74,63^\circ$ ). Номер часового пояса  $N=5$ . Требуется найти истин-

ное солнечное время на меридиане станции и высоту Солнца в момент наблюдения.

Расчет.

1. Определяем истинное солнечное время  $\tau_o$ . Летнее время совпадает с поясным, поэтому  $\tau_m = 9$  ч 30 мин. Из Приложения 4 находим уравнение времени  $\Delta\tau = -2$  мин. Истинное солнечное время вычисляем по формуле (14.3):

$$\tau_o = 9,5 - \frac{4(74,63 - 15 \cdot 5)}{60} + \frac{-2}{60} = 9,491 \text{ ч},$$

или  $\tau_o = 9$  ч 29 мин.

2. Определяем высоту Солнца  $h_o$ . Для этого по значению  $\tau_o$  с помощью формулы (14.5) определяем часовой угол Солнца  $\tau_i$ :

$$\tau_i = 15(9,491 - 12) = -37,63^\circ.$$

Из Приложения 5 находим склонение Солнца  $\delta_o = +23,4^\circ$ . Высоту Солнца определяем по формуле (14.4):

$$\sin h_o = \sin 42,85^\circ \sin 23,4^\circ + \cos 42,85^\circ \cos 23,4^\circ \cos(-37,63^\circ) = 0,803,$$

отсюда  $h_o = 53,4^\circ$ .

#### 14.4. Контрольные вопросы

1. Каковы цели и задачи теплобалансовых и актинометрических наблюдений?
2. Какие требования предъявляются к таким наблюдениям?
3. Назвать основные требования, предъявляемые к площадке для теплобалансовых и актинометрических наблюдений.
4. В какие сроки производятся теплобалансовые наблюдения?
5. В чем различие среднего и истинного солнечного времени?
6. Порядок вычисления высоты Солнца над горизонтом.

### 15. ИЗМЕРЕНИЕ ПРЯМОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ

#### 15.1. Основные сведения

*Прямая солнечная радиация* – это часть лучистой энергии Солнца, поступающая к земле в виде почти параллельных лучей от видимого диска Солнца. Прямая солнечная радиация измеряется на поверхности, перпендикулярной направлению солнечных лучей, и условно обозначается буквой  $S$ . Прямая радиация, приходящая на горизонтальную поверхность  $S'$ , непосредственно не измеряется, а вычисляется по формуле

$$S' = S \sin h_o, \quad (15.1)$$

где  $h_{\odot}$  – высота солнца над горизонтом.

Существующие в настоящее время приборы для измерения прямой радиации (актинометры, пиргелиометры) не могут измерить радиацию одного только диска Солнца. Поэтому измерение прямой радиации в актинометрии включает и измерение околосолнечной радиации, образующейся от участка неба вокруг Солнца радиусом около  $5^{\circ}$ .

Проходя через толщу земной атмосферы, солнечная радиация ослабляется, в результате до земной поверхности доходит (при отсутствии на пути облаков) прямая солнечная радиация, энергия которой на 98% сосредоточена в диапазоне длин волн от 0,29 до 4 мкм.

За единицу измерения радиации принимается энергия в 1 кал, получаемая (или теряемая)  $1 \text{ см}^2$  поверхности за 1 мин (размерность – кал/см<sup>2</sup> мин). В практической метеорологии эта величина называется «интенсивностью радиации». В международной системе СИ интенсивность радиации выражается в ваттах на  $1 \text{ м}^2$  (Вт/м<sup>2</sup>) или милливаттах на  $1 \text{ см}^2$  (мВт/см<sup>2</sup>):

$$1 \text{ кал/см}^2 \text{ мин} = 69,8 \text{ мВт/см}^2 \\ \text{или } 1 \text{ мВт/см}^2 = 0,01433 \text{ кал/см}^2 \text{ мин.}$$

### 15.2. Основные приборы для измерения прямой солнечной радиации

*Термоэлектрический принцип измерений.* Большинство типовых актинометрических приборов являются относительными приборами, которые измеряют термоЭДС (ТЭДС), возбуждаемую падающей на их приемники радиацией. Приемники представляют собой термобатареи. Термобатарея состоит из нескольких десятков термопар, соединенных последовательно. Отдельная термопара есть две изолированные друг от друга тонкие (сотые мм) узкие металлические ленточки из манганина и константана, концы которых спаяны между собой и образуют термоспаи. При различной температуре спаев такая термопара генерирует термоток. Чтобы увеличить ТЭДС, термопары собирают в батареи. Если, например, все четные термоспаи зачернить сажей, а нечетные покрыть белой магнезией, то ТЭДС такой батареи при малой разности температур  $\Delta T$  спаев ( $\approx$  до  $5^{\circ}$ ) будет пропорциональна  $\Delta T$ , т.е. падающему потоку радиации  $F$

$$TЭДС \sim K_1 \Delta T \sim K_2 F.$$

Возникающий термоток измеряется чувствительным гальванометром. Значение силы тока в микроамперметрах умножают на переводной множитель и получают величину интенсивности радиации в соответствующих единицах.

Для измерения прямой солнечной радиации используется актинометр Савинова-Янишевского АТ-50, контрольным прибором служит пиргелиометр компенсационный Онгстрема. В качестве электроизмерительного прибора применяется стрелочный актинометрический гальванометр ГСА-1.

*Актинометр термоэлектрический АТ-50.* Прибор предназначен для измерения прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность. Он располагается на актинометрической стойке на высоте 1,5 м.

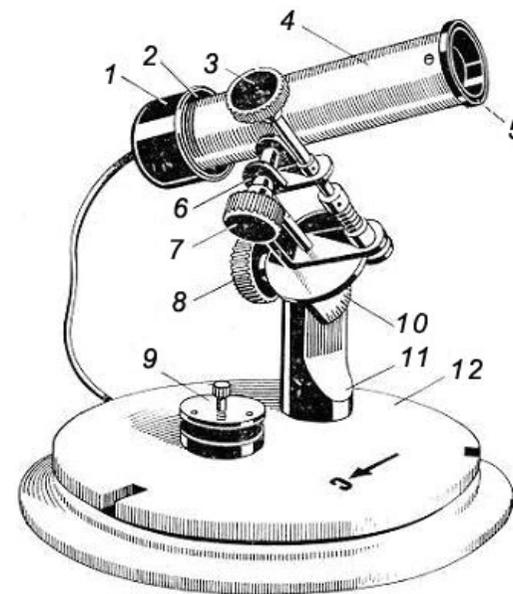


Рис. 15.1. Актинометр термоэлектрический М-3.

Прибор состоит из корпуса с приемником 1, трубки 4 и штатива 11–12 (рис. 15.1). Задняя часть трубки заканчивается белым экраном 2, где должна концентрично располагаться тень от переднего кольца 5 при правильной наводке актинометра на Солнце. Для более точной наводки на Солнце в переднем кольце 5 имеется отверстие, против которого на кольце 2 нанесена точка. Эта точка при наведенном на Солнце актинометре должна находиться в центре солнечного «зайчика» от луча, прошедшего через отверстие в кольце 5. Для защиты приемника от загрязнения и для определения места нуля гальванометра при измерениях трубка актинометра закрывается крышкой 9.

Корпус актинометра, соединенный с трубкой, установлен на параллактическом штативе 11–12. Для установки актинометра по меридиану на основании 12 нанесена стрелка. На штативе имеется ось широт 10, наклон которой регулируется в соответствии с широтой места с помощью винта 8. Для нацеливания трубки на Солнце служит винт 7. Рукоятка 3 расположена по оси мира, поэтому вращая ее, можно вести трубку за Солнцем, лишь изредка поправляя наклон

трубки по склонению вращением винта 7 на оси 6.

Приемником радиации актинометра служит диск 1 (рис. 15.2) из тонкой (0,003 мм) серебряной фольги диаметром 11 мм. В центре диска имеется отверстие. Одна сторона диска, обращенная к Солнцу, покрыта матово-черной эмалью. К другой стороне приклеена папиросная бумага и поверх нее внутреннее (активные) спаи 2 термоэлемента, состоящей из термоэлементов, расположенных звездообразно. Папиросная бумага служит для изоляции термоэлемента от серебряного диска. Термоэлементы состоят из манганиновых и константановых полосок и имеют по два спаи: внутренний и внешний. Внешние (пассивные) спаи 3 приклеены к медному кольцу 4, зажатому в корпусе прибора.

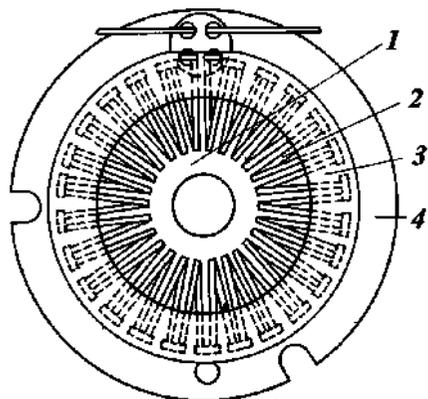


Рис. 15.2. Термобатарея актинометра.

При измерениях зачерненный серебряный диск поглощает солнечную радиацию. Вследствие этого температура диска и внутренних (активных) спаев термоэлемента, находящихся в тепловом контакте с диском, повышается. Внешние (пассивные) спаи имеют температуру корпуса, которая близка к температуре наружного воздуха. Из-за разности температур внутренних и внешних спаев на выводах термоэлемента появляется напряжение, а при замыкании внешней цепи термоэлемента в ней возникает термоэлектрический ток, измеряемый включенным в цепь гальванометром.

Гальванометр стрелочный актинометрический ГСА-1 (рис. 15.3). Предназначен для измерения тока, возникающего в термоэлементах термоэлектрических актинометрических приборов. ГСА-1 является электроизмерительным прибором магнито-электрической системы. Принцип действия его основан на том, что измеряемый ток пропускается через рамку, которая подвешена в магнитном поле между

полюсами неподвижных постоянных магнитов. При прохождении тока через рамку вокруг нее создается электромагнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов, вследствие чего рамка поворачивается вокруг оси. Угол поворота рамки пропорционален силе тока и отсчитывается с помощью стрелки и шкалы.

На корпусе снизу укреплены три клеммы, обозначения которых +, Р, С нанесены на крышке корпуса. Выводы рамки гальванометра припаяны к клеммам + и Р. К клеммам Р и С припаяны выводы добавочного сопротивления. При включении гальванометра для измерения тока на клеммы + и Р в цепь включается только рамка гальванометра. При включении на клеммы + и С в цепь тока последовательно с рамкой включается добавочное сопротивление. Добавочное сопротивление необходимо, когда стрелка гальванометра отклоняется за пределы шкалы.

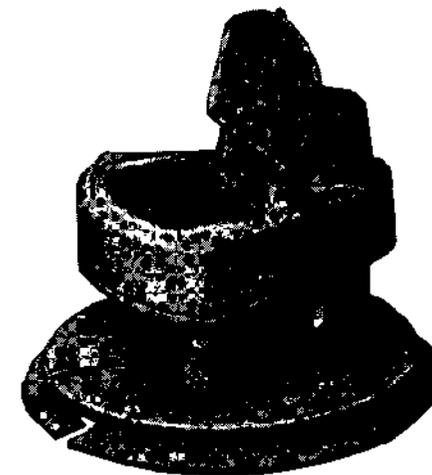


Рис. 15.3. Внешний вид гальванометра ГСА-1.

### 15.3. Измерение прямой солнечной радиации

Измерение прямой солнечной радиации производится 6 раз в сутки по среднему солнечному времени: 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин, 18 ч 30 мин.

Для производства измерений актинометр АТ-50 вместе с подсоединенным к нему гальванометром располагается на специальной актинометрической стойке на высоте 1,5 м от земной поверхности. Перед каждым сроком наблюдений (за 10 мин до срока) приборы необходимо осмотреть и проверить их исправность. При обнаружении каких-либо неисправностей их следует устранить до производства наблюдений.

При выполнении работы очень важно оценить состояние диска Солнца. Используются следующие градации:

☉<sup>2</sup> – на солнечном диске и в зоне 5° от него (ладонь вытянутой руки) нет следов облаков, тумана, клубов дыма и т.д.,

☉ – Солнце просвечивает сквозь облака, туман, дым; тени от предметов четко различимы, актинометр можно нацелить на Солнце по зайчику;

☉° – Солнце слабо просвечивает сквозь облака, туман, дым; тени от предметов неразличимы, актинометр нельзя нацелить на солнце по зайчику;

⊗ – окрестности освещены Солнцем, но место измерений находится в тени;

П – солнечный диск не виден сквозь плотные облака, туман или дым.

Прямая солнечная радиация измеряется, когда актинометр может быть точно нацелен на диск Солнца по зайчику, т.е. при состояниях ☉<sup>2</sup> и ☉. Характеристики прозрачности вычисляются только при ☉<sup>2</sup>, а при ☉ – лишь в случае, если ослабление солнечного сияния вызвано не облаками, а пылью, дымом и т.п. При перемещающихся несплошных облаках измерения желательнее производить только в моменты с ☉<sup>2</sup>. В частности, если есть угроза, что через 5–7 минут Солнце закроется облаками, то следует ускорить подготовительные операции, после чего быстро выполнить измерения. Если Солнце закрыто, но можно полагать, что не более, чем через 5 мин оно откроется, то нужно дожидаться этого момента. Если при ☉ облака движутся медленно и видно, что Солнце не откроется в ближайшие 5 мин, то нужно выполнить измерения при имеющихся условиях. Во всех случаях необходимо, чтобы отсчеты показаний гальванометра были сделаны при одинаковом состоянии диска солнца.

#### Проведение вспомогательных наблюдений

При актинометрических наблюдениях проводятся вспомогательные наблюдения за облачностью, цветом неба, видимостью и состоянием деятельной поверхности. Наблюдения проводят согласно следующим правилам.

- Облачность: записывается количество общей и нижней облачности в баллах через тире и форма облаков. Если общее количество 3 балла и меньше, то отдельно указывается форма облаков, находящихся в зените (z). Зенитом считается вся околозенитная область радиусом 30°. Если облака расположены вне этой области, то указывается, что в зените ясно.

- Цвет неба: отмечается только в дневные сроки при общей облачности 3 балла и меньше. Используют 4 градации: синее, голубое, бледно-голубое, белесоватое.

- Видимость: оценивается визуально и записывается в баллах.

- Состояние деятельной поверхности: указывается характер и состояние растительного или снежного покрова (табл. 15.1) на актинометрической площадке. Если площадка и окружающая ее мест-

ность не имеет растительности, то оценивают степень увлажнения поверхности почвы, применяя такие же термины.

- Атмосферные явления: отмечаются условными обозначениями с отметкой интенсивности, но без указания времени начала и окончания.

Пример записи вспомогательных наблюдений приведен в Приложении 6.

Таблица 15.1

Термины, употребляемые при вспомогательных наблюдениях

	Характеристика	Термин	Примечание
Трава	Свежесть и цвет	Зеленая Пожелтевшая Высохшая, выгоревшая, побуревшая	
	Степень увлажнения	Сухая  Влажная  Замерзшая	После проведения рукой по траве ладонь остается сухой. После проведения рукой по траве ладонь остается влажной. Эта оценка относится также и к характеристике поверхности почвы под травой
Снежный покров	Свежесть и цвет	Чистый Загрязненный Грязный	
	Состояние	Сухой Влажный С коркой снежной (настом) С коркой ледяной	
	Степень покрытия площадки снегом	Покрыта снегом Местами покрыта снегом	

#### Порядок измерений прямой солнечной радиации

За 10 мин до срока:

- осмотреть приборы, проверить их исправность и в случае необходимости устранить обнаруженные неисправности до производства наблюдений.

За 5 мин до срока:

- подключить актинометр к гальванометру;
- снять крышку с актинометра, проверить установку его по широте и нацелить актинометр на Солнце (вначале визуально, а затем точно по зайчику), закрыть крышку актинометра;
- записать в книжку КМ-12 число и номер месяца и провести все вспомогательные наблюдения.

За 3 мин до срока:

- при закрытой крышке актинометра и замкнутой цепи отсчитать место нуля гальванометра (принято, чтобы место нуля гальванометра находилось на отметке около 5 делений) и записать в КМ-12, как показано в Приложении 6;
- под заголовком столбца «Отсчет гальванометра» величину внешнего сопротивления, если включен резистор.

За 1 мин до срока:

- снять крышку с актинометра и подправить нацеливание.

Ровно в срок:

- отметить время начала наблюдений;
- сделать шесть отсчетов по гальванометру с интервалом в 5–10 с, записывая их в графу «Актинометр»; точность отсчетов составляет 0,1 деления шкалы гальванометра. Перед каждым отсчетом записать состояние диска Солнца.

Если во время отсчетов состояние диска изменится, то работу прервать и дождаться восстановления прежних условий. Если этого не произойдет в течение 5 минут, то начать отсчеты заново, записывая их на новой странице:

- записать время окончания измерений;
- актинометр отключить и закрыть крышкой и футляром;
- записать температуру почвы по показаниям срочного термометра на оголенном участке и температуру воздуха по сухому термометру в будке.

*Обработка результатов измерений*

1) под отсчетом температуры воздуха записать поправку и исправленную величину. В клетку «Влажность воздуха» вписать найденную из градиентных измерений упругость пара на высоте 2,0 м, если их не было – сделать прочерк;

2) из двух отметок времени начала и конца наблюдения вычислить с точностью до 1 мин среднее солнечное время середины наблюдения и записать его в графу  $\tau_m$ ;

3) среднее солнечное время  $\tau_m$  перевести в истинное солнечное время  $\tau_\odot$  с помощью Приложения 4; из Приложения 5 найти склонение  $\delta_\odot$ , вычислить  $\sin h_\odot$  и  $h_\odot$ ;

4) сравнить отсчеты по гальванометру между собою. Если они различаются более чем на три деления, то наблюдение выполнено не при одинаковых условиях и должно быть переделано;

5) под третьим и пятым отсчетами выписать шкаловую поправку  $\Delta N$  и поправку на место нуля  $N_0$  гальванометра, исправленные значения записать в столбец  $N_{испр}$  напротив отсчетов.

*Примечание.* На актинометрических станциях показания гальванометра приводятся к температуре 20°; при которой обычно определяется переводной множитель. Однако величина температурной поправки очень мала, поэтому в условиях учебной практики ею можно пренебречь.

6) два исправленных показания гальванометра умножить на переводной множитель (с учетом резистора, если он использовался). Полученные значения прямой радиации на перпендикулярную поверхность  $S$  округлить до сотых и записать в последнем столбце напротив соответствующих обозначений;

7) вычислить два значения  $S'$  – прямой радиации на горизонтальную поверхность, – округлить до сотых и записать под  $S$ ;

8) для первого значения  $S$  вычислить характеристики прозрачности атмосферы (см. ниже).

#### 15.4. Вычисление характеристик прозрачности атмосферы

Прозрачность атмосферы является одним из важнейших показателей радиационного режима, т.к. наряду с высотой Солнца и облачностью прозрачность атмосферы определяет приток лучистой энергии к земной поверхности.

К характеристикам прозрачности относятся: коэффициент прозрачности и фактор мутности. Для вычисления характеристик прозрачности атмосферы используются результаты измерений интенсивности прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность  $S$  в те сроки наблюдений, когда высота Солнца больше или равна 6,8°. При меньших высотах Солнца вычисленные значения характеристик оказываются недостаточно точными.

Сама величина  $S$  зависит не только от степени прозрачности атмосферы, но и от облачности, высоты Солнца над горизонтом, изменения расстояния между Солнцем и Землей.

*Влияние облачности* можно исключить, если для определения прозрачности использовать только случаи наблюдений при диске Солнца не закрытом облаками ( $\odot^2$ ). *Влияние изменения расстояния между Землей и Солнцем* также можно исключить, приведя измеренные величины интенсивности радиации к среднему расстоянию между ними путем введения соответствующей поправки ( $\Delta\rho$ ):

$$S_\rho = S + \Delta(\rho), \quad (15.2)$$

где  $S$  – измеренная прямая радиация в срок наблюдения;  $\Delta\rho$  – поправка для приведения измеренного  $S$  к среднему расстоянию между Солнцем и Землей (Приложение 7).

Для исключения влияния высоты Солнца над горизонтом все измеренные значения интенсивности радиации приводят к какой-либо одной определенной высоте Солнца (принято  $h_\odot = 30^\circ$ ). Приве-

дение к  $h_{\odot}=30^{\circ}$  производится по таблицам Приложения 8. Значение интенсивности радиации, приведенной к высоте  $30^{\circ}$  ( $S_{p,30}$ ), определяется по  $S_p$  и высоте солнца  $h_{\odot}$ , при которой было проведено измерение  $S'$ .

Величина  $S_{p,30}$  является исходной первичной характеристикой прозрачности атмосферы, по которой далее вычисляются коэффициент прозрачности атмосферы и фактор мутности.

*Вычисление коэффициента прозрачности атмосферы и фактора мутности*

Интегральный коэффициент прозрачности  $P$  определяется по формуле Бугера:

$$S_{p,30} = S_0 P^m, \quad (15.3)$$

где  $S_0 = 1,98$  кал/см<sup>2</sup>мин – солнечная постоянная;  $m$  – число оптических масс, проходящих солнечными лучами в атмосфере в момент измерения; принимается  $m=2$ , т.к.  $h_{\odot}=30^{\circ}$ .

Фактор мутности  $T$  представляет собой наблюдаемую прозрачность по отношению к постоянной прозрачности идеальной атмосферы, т.е. атмосферы, не содержащей водяных паров и аэрозольных частиц, но имеющей тот же газовый состав, что и реальная атмосфера.

Согласно такому определению, фактор мутности представляет отношение коэффициентов ослабления радиации, численно равное отношению логарифмов коэффициентов прозрачности реальной ( $P$ ) и идеальной ( $P_i$ ) атмосферы:

$$T = \frac{\lg P}{\lg P_i} = \frac{\lg S_0 - \lg S}{\lg S_0 - \lg S_i}, \quad (15.4)$$

где  $S_i$  – интенсивность радиации в идеальной атмосфере; при  $m=2$   $S_i=1,62$  кал/см<sup>2</sup>мин.

Отсюда для вычисления  $T$  получается простая формула:

$$T = 11,51 \lg \frac{S_0}{S_{p,30}}. \quad (15.5)$$

По ранее найденному значению  $S_{p,30}$  можно определить  $P$  и  $T$  с помощью таблиц Приложений 9 и 10.

### 15.5. Контрольные вопросы

1. Как и почему изменилось бы  $S$ , если бы при той же прозрачности атмосферы наблюдение было выполнено в другое время дня или в это же время дня, но в другое время года? То же, если бы при наблюдении была другая прозрачность атмосферы?
2. Как и почему изменяется  $S$  при подъеме в высокие слои атмосферы?

3. Почему  $S'$  оказалось меньше  $S$ ? Может ли  $S'$  быть больше или равно  $S$ ? Каким было бы соотношение  $S$  и  $S'$  в другое время суток или года?
4. Каков смысл интегрального коэффициента прозрачности  $P$ ? Как и почему изменилось бы значение  $P$  в другое время суток при неизменной прозрачности атмосферы?
5. Какая доля солнечной радиации, приходящей к внешней границе атмосферы, при данном наблюдении доходила до земной поверхности в виде прямой радиации? Куда делась остальная часть солнечной радиации?
6. Как и почему может в течение дня измениться найденный  $p_{30}$ ?

## 16. ИЗМЕРЕНИЕ РАССЕЯННОЙ, СУММАРНОЙ И ОТРАЖЕННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, АЛЬБЕДО, СРАВНЕНИЕ АЛЬБЕДО РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

### 16.1. Основные сведения

*Рассеянной радиацией*  $D$  называется радиация, поступающая на горизонтальную поверхность от всех точек небесного свода, за исключением диска солнца и околосолнечной зоны радиусом  $5^{\circ}$ . Рассеянная радиация возникает в результате рассеяния солнечной радиации атмосферными газами, аэрозолями и облачными частицами. В состав рассеянной радиации входит также радиация, отраженная различными предметами, расположенными выше точки наблюдения.

*Суммарной радиацией*  $Q$  называется общий приход к горизонтальной поверхности прямой солнечной и рассеянной радиации.

$$Q = S' + D. \quad (16.1)$$

Если диск Солнца закрыт облаками или горами, то суммарная радиация сводится к одной только рассеянной. Суммарная радиация, достигая земной поверхности, не только поглощается, но и частично отражается от нее обратно в атмосферу. Часть суммарной радиации, отраженной деятельной поверхностью, называется *отраженной радиацией*  $R_k$ . Ее интенсивность оценивается по интенсивности радиации, приходящей снизу на горизонтальную поверхность, расположенную на определенной высоте.

По величинам суммарной и отраженной радиации вычисляется *альbedo*  $A_k$ . Альbedo представляет собой отношение отраженной от поверхности радиации к приходящей суммарной радиации:

$$A_k = \frac{R_k}{Q}. \quad (16.2)$$

Альbedo – величина безразмерная, выражается в долях единицы или в процентах. Альbedo зависит, с одной стороны, от угла падения радиации и, следовательно, находится в зависимости от высоты Солнца и облачности; с другой стороны, – от состояния деятельного слоя, главным образом снежного покрова.

Разность между суммарной и отраженной радиацией называется *остаточной коротковолновой радиацией*, или *балансом коротковолновой радиации*  $B_k$ . Величина  $B_k$  представляет собой часть суммарной радиации, поглощенную деятельным слоем земной поверхности:

$$B_k = S' + D - R_k = Q - R_k = Q(I - A_k). \quad (16.3)$$

## 16.2. Основные приборы для измерения рассеянной, суммарной и отраженной радиации

*Пиранометр универсальный М-80.* Предназначен для измерения рассеянной, отраженной и суммарной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность. Для измерения рассеянной радиации пиранометр затеняется от прямой солнечной радиации тенью экрана.

Пиранометр состоит из головки с термобатареей и полусферическим стеклянным колпаком, штатива, сушилки и теневого экрана.

*Приемником радиации* служит термобатарея квадратной формы размером 3×3 см, состоящая из 32–40 полосок (рис. 16.1а). Каждая из полосок, кроме верхней 1 – отрицательной, спаяна из четырех коротких полосок: двух константановых 2 и двух манганиновых 3. Концы длинных полосок соединяются припаянными к ним перемычками 4 из манганина. Таким образом, каждый четвертый спай приходится на поворот. Нечетные спаи окрашены сажей в черный цвет, а четные – магнезией в белый цвет. Выводы 5 делаются везде от манганиновых полосок, для чего крайняя полоска 1 отрицательного полюса термобатарей имеет звено из манганина двойной длины. Границы черных и белых полей (отмечены кружками) приклеены к ребрам 6 основания головки пиранометра для отвода тепла и крепления термобатарей.

Под действием солнечной радиации черные термобатареи нагреваются сильнее, чем белые, а разность температур спаев вызывает ток, сила которого пропорциональна измеряемой интенсивности радиации.

Стеклянный колпак пиранометра поглощает часть радиации в областях спектра 0,30–0,40 и 2,5–4,0 мкм, но в этих областях интенсивность прямой и рассеянной радиации очень мала. Поэтому час-

тичное поглощение стеклянным колпаком не вносит заметных ошибок в результаты измерений.

*Головка пиранометра* (рис. 16.1б) состоит из бронзового или силуминового корпуса 1, на котором прикреплена плитка 3 с четырьмя ребрами, поддерживающими батарею. Корпус прикрыт диафрагмой 4, которая укрепляется на нем посредством штифта 2 и винта 5. На корпус также навинчивается кольцо, в паз которого вклеивается стеклянный полусферический колпак, защищающий термобатарею от ветра и осадков. Головка пиранометра закрывается металлической крышкой, предназначенной для защиты стеклянного колпака от повреждений и для определения места нуля.

*Штатив* (рис. 16.2) пиранометра состоит из стойки 7, к которой привинчивается головка 1. Стойка укреплена на откидной плите 5, закрепляющейся стопорной пружиной 2, и может вращаться вокруг вертикальной оси. Откидная плита позволяет придавать головке два положения: приемником вверх и приемником вниз. В обоих случаях термобатарея располагается горизонтально. Горизонтальность устанавливается с помощью трех винтов 4 и уровня 6.

*Сушилка* представляет собой стеклянную пробирку с каким-либо химическим поглотителем водяного пара (силикагелем), установленную в полости стойки 9. Сушилка служит для предотвращения запотевания или образования инея внутри стеклянного колпака.

*Теневой экран* служит для затенения приемника от прямой солнечной радиации вместе с тем участком неба, который действует в составе прямой солнечной радиации на актинометр. Диаметр экра-

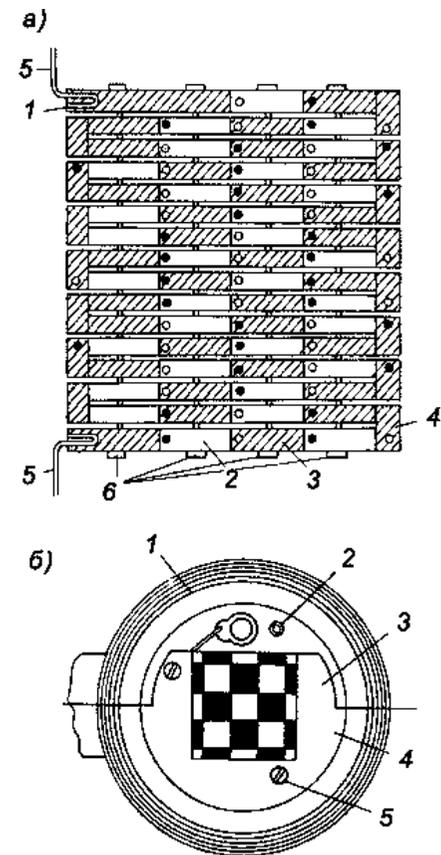


Рис. 16.1. Термобатарея (а) и головка пиранометра (б).

на приблизительно в два раза больше диагонали термобатареи. Экран установлен на стержне 5 такой длины, чтобы был виден из центра приемника под углом 10°. Стержень может закрепляться на любой высоте винтом 6.

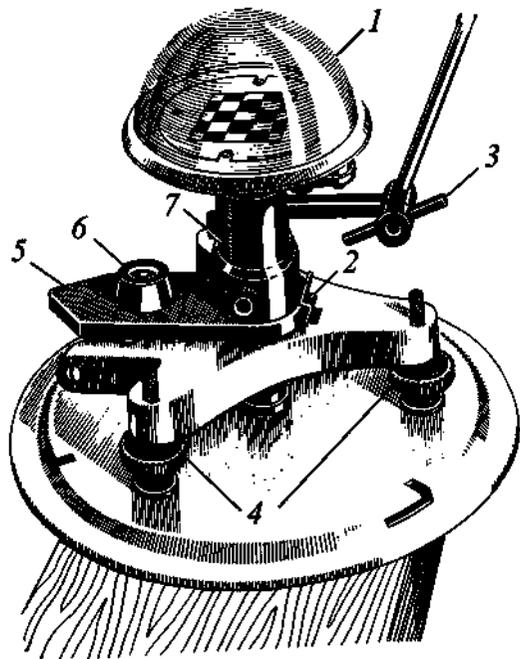


Рис. 16.2. Внешний вид пиранометра.

Альбедометр походный АП-3х3 (рис. 16.3) предназначен для измерения суммарной, рассеянной и отраженной радиации в походных условиях. Он состоит из головки пиранометра, карданного подвеса и рукоятки. Для измерения суммарной и рассеянной радиации пиранометр устанавливают приемником вверх (рис. 16.3а). Для измерения отраженной коротковолновой радиации рукоятку альбедометра поворачивают на 180° и опрокидывают трубку вместе с головкой вниз. Трубка проскальзывает в муфте и занимает положение, показанное на рис. 16.3б. После опрокидывания приемник так же, как и в первом положении, располагается горизонтально.

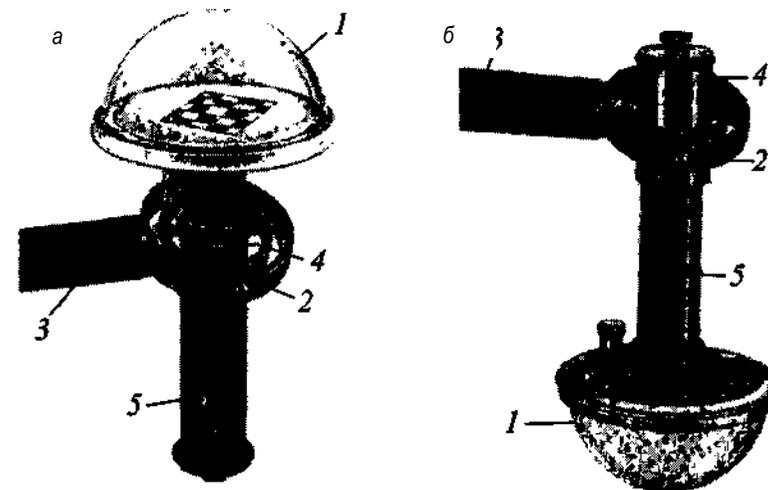


Рис. 16.3. Альбедометр походный:  
а – приемная поверхность обращена вверх; б – приемная поверхность обращена вниз.

### 16.3. Порядок измерений

Работа выполняется на актинометрической стойке. Измерения проводятся как при ясном небе, так и при любой облачности и даже слабом дожде. При умеренном и сильном дожде работа не производится. Обязательны одинаковые условия солнечного сияния во время всего наблюдения. Поэтому перед началом отсчетов нужно, используя градации состояния диска Солнца, указанные в работе № 15, выбрать наиболее типичный режим.

#### Порядок измерений

За 5 мин до срока:

- подключить актинометр и пиранометр к гальванометру;
- проверить горизонтальность пиранометра, затенить его, нацелить актинометр на Солнце (при  $\odot^2$  и П пиранометр не затеняется и наблюдения за прямой солнечной радиацией не проводятся);
- отрегулировать стрелку гальванометра: так как при незатененном пиранометре отклонения стрелки увеличатся, то не допускать больших отклонений при затененном приборе;
- закрыть приборы крышками;
- записать в КМ-12 число, облачность, цвет неба, видимость, состояние поверхности, атмосферные явления, температуру поверхности и воздуха.

За 3 мин до срока:

- записать место нуля гальванометра.

За 1 мин до срока:

- снять крышки, проверить затенение пиранометра и нацеливание актинометра.

В срок:

- записать время начала отсчетов, в строчке  $D_1$  записать состояние диска солнца;
- выполнить с интервалами 10–15 с три отсчета для рассеянной радиации и записать так, как показано в Приложении 12;
- между первым и вторым отсчетами сделать один отсчет для прямой радиации.

При  $\odot^2$

- теневой экран отвести в сторону, проверить горизонтальность пиранометра и нацеливание актинометра;
- выждать 30–40 с, записать в строчке  $Q$  знак  $\odot^2$ , произвести с интервалами 10–15 с три отсчета по гальванометру при пиранометре и записать против  $Q$ ;
- между первым и вторым отсчетами записать отсчет для прямой радиации. Затенить пиранометр.

При состояниях диска солнца  $\odot$ ,  $\odot^2$  и П измерения с затененным пиранометром не производятся, а сразу переходят к следующим измерениям:

- пиранометр повернуть приемником вниз;
- выждать 30–40 с, записать состояние диска Солнца в строчке  $R_k$ ;
- выполнить с интервалом 10–15 с три отсчета;
- между первым и вторым отсчетами записать показания гальванометра при актинометре (при  $\odot^2$  и П этот отсчет не выполнять);
- повернуть пиранометр приемником вверх, проверить его затенение и нацеливание актинометра;
- записать в строчке  $D_2$  состояние диска;
- выждав 30–40 с, произвести с прежним интервалом три отсчета для рассеянной радиации и записать против  $D_2$ ;
- между первым и вторым отсчетами записать один отсчет для прямой радиации. Проследить, чтобы  $D_2$  измерялось при том же состоянии диска, что и  $D_1$ ;
- записать время последнего отсчета;
- отключить приборы, убрать теневой экран, закрыть крышки и футляры.

Если во время измерений состояние диска изменится, то отсчеты следует прервать и дожидаться восстановления прежнего состояния. Если оно не восстановится в течение 5 мин, то начать отсчеты заново и записать на следующей странице КМ-12.

*Обработка результатов измерений*

1. Заполнить верхнюю часть КМ-12.
2. Сравнить между собою шесть отсчетов для  $D_1$  и  $D_2$ ; если они различаются более чем на три деления, то наблюдение выполнено не при одинаковых условиях и должно быть переделано.
3. Вычислить средние  $N_{ср}$  из отсчетов для  $D_1$ ,  $Q$ ,  $R_k$  и  $D_2$  и записать в соответствующем столбце.
4. Под каждым средним выписать поправки: шкаловую и на место нуля; найти исправленные значения  $N_{испр}$ .
5. Под каждым отсчетом для  $S$  также выписать поправки и найти исправленные значения  $N_{испр}$ .
6. Используя переводные множители, вычислить  $D_1$ ,  $D_2$  и  $R_k$ , округлить до сотых и записать напротив соответствующих обозначений в последний столбец.
7. По значениям  $Q$  и  $R_k$  вычислить альбедо  $A_k$ , округлить до сотых и записать в последнем столбце.
8. Исправленное среднее  $Q$  (если соответствующие отсчеты производились) далее не обрабатывается и используется лишь при проверке приборов.
9. Исправленный отсчет для  $S$ , сделанный при  $R_k$ , умножить на переводной множитель, полученное значение  $S$  округлить до сотых и записать напротив соответствующего обозначения в последнем столбце.

10. Найти  $S'$  и, округлив до сотых, записать под  $S$ , после чего вычислить  $Q$ .

11. Если  $D_2$  измерено при  $\odot^2$  или П, когда  $S$  отсутствует, то  $Q = D_2$ . Если  $D_1$  и  $D_2$  различаются более чем на 0,03 кал/см<sup>2</sup>мин, то значение  $D_1$  повторить в строке «Примечания».

*Анализ результатов*

1. Полученное альбедо сравнить со значениями, указанными для различных видов подстилающей поверхности в учебниках.
2. По результатам каждого наблюдения вычислить поглощенную часть суммарной радиации:

$$Q_{П} = Q - R_k \quad (16.4)$$

3. Построить и проанализировать графики дневного хода  $S'$ ,  $D$ ,  $R_k$ ,  $Q$ , и  $Q_{П}$ , причем значения  $R_k$  откладывать в сторону отрицательных ординат. Под осью абсцисс подписать состояние диска Солнца, количество и преобладавшие формы облаков в момент каждого наблюдения.

При анализе рассмотреть ход кривых, связь с облачностью, время наступления и величину максимумов, соотношение между  $S'$  и  $D$ ,  $R_k$  и  $Q_{\Gamma}$  в разное время дня и при разной облачности и т.д.

#### 16.4. Сравнение альbedo различных поверхностей

Работа производится с помощью актинометрической стойки, вращающейся вокруг вертикальной оси. Студенты должны измерить альbedo двух–трех неодинаковых участков деятельного слоя. В данной работе такими участками являются черная оголенная почва, бетонная дорожка и почва, покрытая травянистой растительностью.

*Порядок и запись измерений:*

- повернуть актинометрическую стойку так, чтобы установленный на ней пиранометр располагался ровно над серединой исследуемого участка земной поверхности;
- заполнить верхние строчки КМ-12, при этом в графе состояние поверхности указать вид исследуемого участка; данные о температуре и влажности воздуха и температуре поверхности не заносить;
- определить место нуля гальванометра, записать время первого отсчета, приписать к букве  $Q$  индекс «1» (см. Приложение 12), записать состояние диска Солнца и выполнить 3 отсчета суммарной радиации по незатененному пиранометру, обращенному приемником вверх;
- повернуть пиранометр приемником вниз, выждать 2 мин, записать состояние диска Солнца, номера клемм и произвести 3 отсчета отраженной радиации;
- повернуть пиранометр приемником вверх и через 2 мин повторить отсчеты суммарной радиации;
- закрыть пиранометр крышкой, повернуть актинометрическую стойку так, чтобы под пиранометром оказался другой вид деятельной поверхности, и повторить измерения.

Необходимо следить, чтобы все отсчеты для одного вида деятельной поверхности были выполнены при одинаковом состоянии диска Солнца.

*Обработка измерений:*

- 1) по шести отсчетам суммарной радиации найти среднее значение и записать в строчке  $Q_7$ ; под ним выписать поправки, а рядом – исправленную величину;
- 2) умножить исправленную величину на переводной множитель, округлить полученное значение суммарной радиации  $Q$  до сотых и записать в последнем столбце;
- 3) аналогично вычислить отраженную радиацию  $R_k$ ;
- 4) по  $Q$  и  $R_k$  найти альbedo  $A_k$  с точностью до сотых.

#### *Анализ результатов*

Сравнить полученные альbedo со значениями, приведенными в учебниках. В случае расхождений попытаться объяснить их причины. Сравнить между собой альbedo разных участков и объяснить причины различия.

#### 16.5. Контрольные вопросы

1. Как и почему изменились бы найденные  $D$  и  $Q$ , если бы при том же состоянии атмосферы наблюдение выполнялось в другие часы? То же для данного времени дня, но другого времени года? То же, если бы прозрачность атмосферы в момент измерений была больше или меньше имевшейся?
2. Каково в данном случае соотношение между  $S'$  и  $D$ ? Как и почему оно изменится в другое время суток, года, при другом состоянии атмосферы? То же для соотношения  $R_k$  и  $Q_{\Gamma}$ ?
3. Может ли  $D$  превышать  $S'$  и наоборот?
4. Что такое альbedo? От каких свойств деятельного слоя зависит его альbedo?
5. Чем различается рассеивание солнечной радиации молекулами атмосферных газов и более крупными частицами?
6. Какие атмосферные явления связаны с рассеиванием солнечной радиации?
7. Какова роль рассеянной радиации на земной поверхности?

### 17. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ, СРАВНЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

#### 17.1. Основные сведения

*Радиационным балансом деятельного слоя  $B$*  называется разность между количеством лучистой энергии, входящим и выходящим в единицу времени через единицу внешней поверхности деятельного слоя. Следовательно,  $B$  есть полный приход-расход лучистой энергии в деятельном слое. «Приходом» являются поглощенные части прямой, рассеянной радиации и длинноволнового (встречного) излучения атмосферы. «Расходом» является собственное излучение деятельного слоя. Таким образом,

$$B = S'(1 - A) + D(1 - A) + \delta E_a - E_s, \quad (17.1)$$

где  $\delta$  – «коэффициент серости»,  $E_a$  – встречное излучение атмосферы,  $E_s$  – собственное излучение деятельного слоя.

Если принять, что эффективное излучение

$$E_{эф} = E_s - \delta E_a, \quad (17.2)$$

где  $\delta E_a$  – часть встречного излучения, поглощенная деятельным слоем, то

$$B = (S' + D)(1 - A) - E_{эф}. \quad (17.3)$$

Поэтому радиационный баланс деятельного слоя можно еще определить как разность между поглощенной частью суммарной радиации и эффективным излучением.

## 17.2. Основные приборы для измерения радиационного баланса

На метеорологических станциях радиационный баланс деятельного слоя измеряется *термоэлектрическим балансомером М-10* (рис. 17.1).

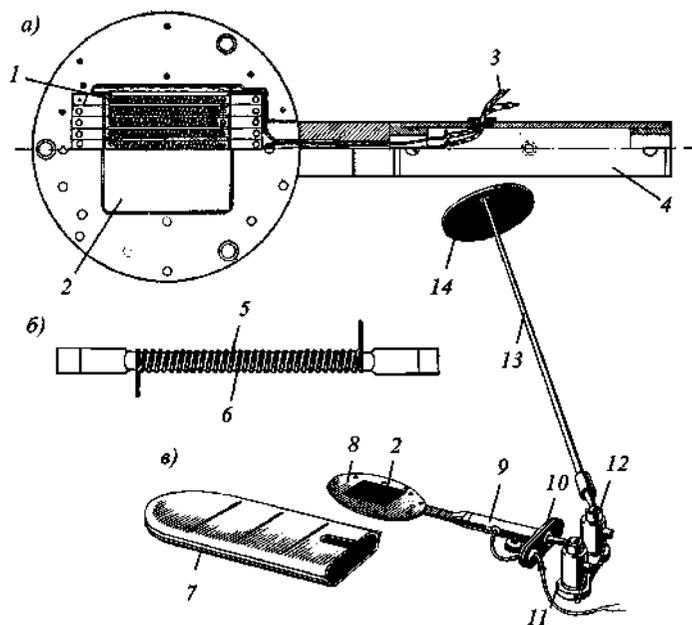


Рис. 17.1. Балансомер термоэлектрический М-10:

а – внешний вид балансомера со вскрытой половиной верхней рамки; б – брусок с термоэлементами; в – балансомер, установленный на шарнире с затенителем.

Прибор состоит из корпуса с термоэлементами 1, двух приемных пластинок 2 и рукоятки 4. Термоэлементы балансомера состоят из 10

отдельных элементов в виде медных брусков (рис. 17.1б), покрытых изолирующим слоем прошепелаченной бумаги и обмотанных 32–33 витками константановой ленты 6. Половина каждого витка покрыта тонким слоем серебра 5 толщиной 0,01–0,04 мм. Места окончания серебряного слоя служат термоспаями. Таким образом, каждый брусок является отдельной термоэлементами. Все они спаяны последовательно так, что термоЭДС складываются. Собранный термоэлемент оклеивается с обеих сторон изолирующим слоем из прошепелаченной бумаги, поверх которого наклеиваются листки медной оксидированной фольги 2, окрашенные с внешней стороны черной краской и служащие приемными поверхностями балансомера.

Выводы от термоэлемента спаяны с концами мягкого шнура 3 (рис. 17.1а), проходящего внутри рукоятки балансомера. Шнур служит для присоединения термоэлемента балансомера к гальванометру.

Балансомер с помощью втулки 10 прикрепляется к шарнирному держателю 11, с помощью которого балансомер может быть установлен в нужном положении, т.е. повернут любой стороной вверх, причем ось прибора может быть направлена к любой точке горизонта. Горизонтальность балансомера контролируется накладным уровнем. Прибор также снабжен футляром 7, которым он закрывается при выпадении гидрометеоров или в нерабочем состоянии. Для затенения балансомера от прямой солнечной радиации служит экран 14, укрепленный на трубчатом стержне 13, который устанавливается в любом положении с помощью второго шарового шарнира 12.

### Принцип действия

Все виды радиации, приходящей к деятельной поверхности ( $S'$ ,  $D$  и  $E_a$ ), поглощаются верхней приемной пластинкой балансомера. А все виды радиации, уходящей от деятельной поверхности ( $E_{эф}$ ), поглощаются нижней приемной пластинкой прибора. Обе пластинки вследствие того, что они ничем не прикрыты (в отличие от пиранометра), почти полностью поглощают падающую на них радиацию и соответственно нагреваются. Кроме того, каждая приемная пластинка сама излучает длинноволновую радиацию, зависящую от температуры и поглощательной способности пластинки. Поэтому каждая пластинка будет либо повышать свою температуру по сравнению с температурами воздуха и корпуса прибора, либо понижать в зависимости от знака баланса радиаций на ее поверхности. Но благодаря высокой теплопроводности корпуса балансомера происходит большая отдача тепла к корпусу, что не позволяет образоваться большой разности температур приемных пластинок. Поэтому разностью собственных излучений верхней и нижней пластинок можно пренебречь.

Таким образом, разность температур приемных пластинок пропорциональна разности между потоками радиации сверху и снизу,

т.е. величине остаточной радиации, или радиационному балансу деятельного слоя, над которым расположен балансомер.

### 17.3. Производство измерений

Работа выполняется на актинометрической стойке. Измерения балансомером проводятся при любой интенсивности солнечного сияния, а также при плотной облачности и в ночное время, но не производятся при любых видах атмосферных осадков, даже слабой интенсивности.

На метеорологических станциях радиационный баланс измеряется без прямой солнечной радиации, для чего приемная поверхность балансомера затеняется экраном. Прямая радиация измеряется отдельно актинометром, затем величина  $S'$  прибавляется к измеренной затененным балансомером величине  $B-S'$ . При таком порядке наблюдений уменьшается ошибка измерения величины  $B$ , т.к. значение  $S'$  измеряется актинометром с большей точностью, чем балансомером.

При наблюдениях по балансомеру, кроме того, необходимо учитывать скорость ветра на уровне балансомера, т.к. она влияет на показания гальванометра. Поэтому одновременно с отсчетами по гальванометру необходимо определять скорость ветра на уровне установки балансомера. Прибор для ее измерения (ручной анемометр) устанавливается на одной высоте с балансомером в таком положении, чтобы наблюдатель, находясь возле гальванометра, мог одновременно измерять и скорость ветра.

#### Порядок измерений

За 5 мин до срока:

- установить измеритель скорости ветра;
- подключить актинометр и балансомер к гальванометру, снять футляр с балансомера;
- при  $\odot^2$  и  $\odot$  балансомер затенить, с актинометра снять футляр и крышку и нацелить его на Солнце (при  $\odot^0$ , П и ночью балансомер не затенять, актинометр не открывать);
- убедиться в исправности цепей и отрегулировать гальванометр;
- заполнить верхние строчки КМ-12 (Приложение 13).

За 3 мин до срока:

- актинометр закрыть крышкой, записать место нуля гальванометра;
- цепь балансомера разомкнуть и записать место нуля гальванометра, во втором столбце под  $B$  записать величину внешнего сопротивления (если оно включено).

За 1 мин до срока:

- снять крышку актинометра, проверить его нацеливание на Солнце;
- поправить затенение балансомера и его горизонтальность;
- включить гальванометр при балансомере (если стрелка гальванометра выходит за пределы шкалы в сторону нуля, то вилку балансомера повернуть).

В срок:

- записать время начала отсчетов, состояние диска Солнца;
- сделать три отсчета по гальванометру при балансомере с интервалом в 10–15 с, после каждого отсчета снимать показания скорости ветра (с точностью до 1 м/с);
- между первым и вторым отсчетами произвести отсчет по гальванометру при актинометре;
- снять затенение с балансомера и через 10–15 с повторить измерения уже с незатененным балансомером;
- записать время окончания измерений;
- закрыть крышку актинометра, опустить экран, отключить приборы, закрыть приборы футлярами.

#### Обработка измерений

1) обработать верхние строчки КМ-12;  $\sin h_{\odot}$  и  $h_{\odot}$  определить во всех случаях (в том числе при  $\odot^0$  и П) кроме тех, когда Солнце находится под горизонтом;

2) вычислить средние из трех отсчетов  $B$  и  $B-S'$ , ниже – их поправки;

3) под исправленными значениями записать средние из трех отсчетов скорости ветра  $U_{cp}$ , округлив до целых метров в секунду, и ветровые множители  $\Phi_u$ ;

4) умножить исправленные средние отсчеты  $B$  и  $B-S'$  на ветровые множители, и полученные значения, приведенные к штилю,  $N_w$  округлить до десятых и записать под ветровыми множителями;

5) отсчет для  $B$  не обрабатывать, а  $B-S'$  умножить на переводной множитель, округлить до сотых и записать результат в последний столбец. Знак этой величины должен совпадать с записанным во втором столбце (знак «+» не указывается);

6) внести поправки в отсчеты для прямой радиации и записать исправленные результаты. Второй из них далее не обрабатывается, а по первому вычислить прямую радиацию, округлить до сотых и вписать в последний столбец под  $B-S'$ ;

7) по найденному  $S$  найти  $S'$ , по  $B-S'$  и  $S'$  найти  $B$ .

При  $\odot^0$ , П и ночью  $B-S'$  совпадает с  $B$  и в последнем столбце значение  $B-S'$  следует сразу записать в строчке  $B$ , а строчку  $B-S'$  в этом столбце не заполнять.

### Анализ результатов

1. Оценить соответствие полученного радиационного баланса данному времени суток и года, характеру деятельного слоя, состоянию погоды.

2. Построить график дневного хода  $B$  и  $S'$ . Под осью абсцисс подписать состояние диска солнца, количество и формы облаков во время каждого наблюдения.

3. При анализе рассмотреть ход кривых, его связь с облачностью, величину и время наступления максимумов, роль прямой радиации в радиационном балансе и т.д.

### 17.4. Сравнение радиационного баланса различных участков подстилающей поверхности

Работа выполняется в том же порядке, что и работа по сравнению альбедо различных поверхностей, с той лишь разницей, что вместо альбедо измеряется радиационный баланс. При этом данная работа имеет ряд особенностей:

- радиационный баланс различных участков днем различается весьма заметно. Эти различия удается обнаружить даже если при измерениях не затенять балансомер и не измерять скорость ветра;
- в верхней части КМ-12 записывать лишь число, месяц, облачность, состояние поверхности и место нуля гальванометра. Время (декретное) записывать только в начале наблюдений и не переводить в среднее солнечное;
- место нуля гальванометра определять при отключенном балансомере;
- при сомнении относительно знака радиационного баланса уточнять этот знак, приближая ладонь к верхней пластине балансомера, т.е. заведомо создавая положительный баланс;
- записывать знак баланса под буквой  $B$ , ниже номеров используемых клемм;
- три отсчета гальванометра с интервалом 10–15 с записывать в пятом столбце при букве  $B$ ;
- при обработке вычислить среднее из трех отсчетов, выписать поправки и исправленное значение. Ветровой множитель не вводить. Результат, полученный с помощью переводного множителя и округленный до сотых, записать в последнем столбце;
- при анализе полученных результатов продумать причины различия радиационного баланса для разных участков.

### 17.5. Контрольные вопросы

1. Преобладал ли в момент наблюдений (на метеоплощадке) приход солнечной энергии к поверхности земли или расход?
2. Каким был бы радиационный баланс в более ранние или в более поздние часы, если бы состояние атмосферы оставалось неизменным? То же для данного времени суток, но другого времени года?
3. Как и почему радиационный баланс изменится, если при неизменности остальных условий почву взрыхлить или утрамбовать, полить или осушить? То же при изменении влажности воздуха, форм и количества облаков, при выпадении или прекращении осадков?
4. Куда расходуется тепло, получаемое деятельным слоем в виде лучистой энергии? От каких источников тепло поступает в деятельный слой, если его радиационный баланс отрицателен?
5. В какое время суток и почему радиационный баланс деятельного слоя становится равным нулю? Как влияют на время его перехода через нуль облачность, туман? Что больше в момент перехода баланса через нуль: суммарная радиация или эффективное излучение?
6. За счет каких факторов различается радиационный баланс исследованных участков?

## 18. ОБЩЕЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ

### 18.1. Общие сведения

Для общего исследования радиационного режима проводятся комплексные актинометрические наблюдения, включающие в себя измерение всех основных видов радиации, составляющих радиационный баланс, а также некоторых метеорологических характеристик. Такие измерения систематически проводятся на актинометрических станциях в установленные сроки. Данные комплексных актинометрических наблюдений позволяют исследовать связи и количественные соотношения между элементами радиационного режима, метеорологическими и астрономическими факторами.

Интенсивность всех видов коротковолновой радиации зависит от высоты солнца над горизонтом. Поэтому сроки актинометрических наблюдений устанавливаются по среднему солнечному времени станции. Наблюдения (если они выполняются отдельно от теплобалансовых) проводятся шесть раз в сутки: 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин и 18 ч 30 мин.

## 18.2. Производство комплексных актинометрических наблюдений

Работа выполняется при любом состоянии диска Солнца в случае отсутствия атмосферных осадков. При состояниях  $\odot^{\circ}$  и П не производятся измерения по актинометру и не затеняются остальные приборы. При слабом дожде не производятся измерения по балансомеру.

При умеренном и сильном дожде, выпадении снега, мороси и при отложении на приемных поверхностях приборов гидрометеоров (гололеда, изморози, росы) работа не выполняется.

Дальнейшее описание порядка измерений относится к состояниям  $\odot^2$  и  $\odot$ .

### Порядок измерений

За 10 мин до срока:

- осмотреть все приборы, в случае необходимости протереть колпачок пиранометра, стекло гальванометра, зачистить контакты;
- проверить горизонтальность пиранометра и балансомера;
- установить измеритель скорости ветра.

За 5 мин до срока:

- подключить актинометр, пиранометр и балансомер к гальванометру;
- нацелить актинометр на Солнце, затенить пиранометр и балансомер;
- закрыть приборы крышками;
- провести вспомогательные наблюдения и сделать соответствующие записи в КМ-12 (Приложение 14).

За 3 мин до срока:

- записать место нуля гальванометра при актинометре, пиранометре, балансомере (место нуля балансомера определяется при разомкнутой цепи, место нуля актинометра и пиранометра – при закрытых крышками приборах и замкнутой цепи).

За 1 мин до срока:

- снять крышки с актинометра и пиранометра;
- проверить нацеливание актинометра и затенение пиранометра и балансомера.

Ровно в срок:

- отметить время начала наблюдений, состояние диска Солнца и сделать три отсчета  $D_1$  по гальванометру при затененном пиранометре с интервалом 10–15 с; между первым и вторым отсчетами произвести один отсчет  $S$  по гальванометру при актинометре;
- отметить состояние диска Солнца, записать под символом  $B-S'$  знак, в котором вилка обращена вверх, произвести три отсчета  $B-S'$  по гальванометру при балансомере; параллельно сделать три

отсчета скорости ветра (с точностью до 1 м/с) и между первым и вторым отсчетами произвести один отсчет  $S$  по актинометру;

- убрать затенение с пиранометра, записать состояние диска Солнца и произвести три отсчета  $Q$  по гальванометру при незатененном пиранометре и один отсчет  $S$ ;

- перевернуть пиранометр приемной поверхностью вниз, проверить нацеливание актинометра, выждав время инерции пиранометра, записать состояние диска Солнца и произвести три отсчета  $R_k$  по пиранометру и один отсчет  $S$ ;

- повернуть пиранометр приемной поверхностью вверх, затенить, проверить нацеливание актинометра, выждать время инерции и, записав состояние диска Солнца, сделать три отсчета  $D_2$  и один отсчет  $S$ ;

- записать время окончания наблюдений;
- закрыть приборы крышками;
- отметить температуру поверхности почвы и воздуха.

### Обработка измерений:

1. Обработать верхнюю часть книжки КМ-12:

- ввести поправку к отсчету температуры воздуха и, если проводились градиентные наблюдения, в графу «Влажность воздуха» внести упругость пара на высоте 2,0 м;

- по отметкам времени начала и конца измерений вычислить среднее солнечное время  $\tau_m$ , перевести его в истинное  $\tau_{\odot}$ , найти склонение Солнца  $\delta_{\odot}$  и вычислить  $\sin h_{\odot}$  и  $h_{\odot}$ .

2. Для каждого вида радиации сравнить отсчеты между собой. Если один из трех отсчетов сильно отличается от двух других (более чем на три деления), то зачеркнуть его и не использовать в дальнейших расчетах. Если все три отсчета сильно различаются между собой, то измерения выполнены неверно и их следует повторить.

3. Из трех отсчетов для каждого вида радиации найти средние значения  $N_{cp}$  (с точностью до десятых), под ними записать соответствующие шкаловые поправки  $\Delta N$ , поправки на место нуля  $N_0$  и с учетом этих поправок найти исправленные отсчеты  $N_{испр}$ .

4. Под исправленными отсчетами  $B$  и  $B-S'$  записать средние из трех отсчетов скорости ветра  $U_{cp}$  (округлив до целых метров в секунду), ветровые множители  $\Phi_u$  и отсчеты  $N_{ш}$ , полученные путем умножения исправленных отсчетов  $B$  и  $B-S'$  на  $\Phi_u$ .

5. Под средними значениями отсчетов  $S$  для актинометра выписать шкаловые поправки  $\Delta N$ , поправки на место нуля  $N_0$  и найти исправленные значения.

6. Исправленные средние отсчеты  $D_1$ ,  $B$ ,  $B-S'$ ,  $Q$ ,  $R_k$ ,  $D_2$  и  $S$  (при  $B-S'$  и  $R_k$ ) умножить на соответствующие приборам переводные множители, округлить до сотых и записать в последнем столбце.

7. Рассчитать следующие величины и записать их в последнем столбце:

- $S' = S * \sin h_{\odot}$ ;
- $B_d = B + R_k - Q$ ;
- $A_k = \frac{R_k}{Q} 100\%$ .

#### Анализ результатов

1. Оценить соответствие полученных значений радиационного баланса и его элементов данному времени года и суток, состоянию погоды, характеру деятельного слоя, для чего сравнить их со значениями, приведенными в учебниках.

2. Построить друг под другом, т.е. с общей осью абсцисс, следующие графики дневного (или суточного) хода:

- $S'$ ,  $D$  и  $Q$ . Для первой кривой использовать значения  $S'$  измеренные одновременно с  $R_k$ ;
- $Q$ ,  $R_k$  и  $B_k$ . Баланс коротковолновой радиации  $B_k$ , т.е. поглощенную часть суммарной радиации, для каждого наблюдения вычислить по соотношению  $B_k = Q - R_k$ ;
- $B_k$ ,  $B_d$  и  $B$ .

Если при большинстве наблюдений прямой радиации не было, то первый график строить не нужно. Под осью абсцисс выписать состояние диска солнца, количество и формы облаков во время каждого наблюдения.

3. При анализе графиков рассмотреть ход всех величин, его связь с количеством и формами облаков, отметить величину и время наступления максимумов (в суточном ходе также и минимумов), выявить связи между элементами и относительную роль каждого из них в разное время дня и суток, при различных погодных условиях и т.д.

## 19. ПОВЕРКА АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

### 19.1. Общие сведения

Поверка мер и измерительных приборов является основной формой метрологического надзора за средствами измерений и имеет большое значение. В процессе поверки путем точных измерений оцениваются погрешности и другие метрологические качества приборов, определяется их соответствие стандартам, установленным в

данном государстве или в мире. Это дает возможность получать достоверные результаты и обеспечить единство измерений.

Основной целью поверки актинометрических приборов является определение переводных множителей и чувствительности приборов. Переводной множитель – это число, на которое надо умножить показания гальванометра, чтобы получить значение интенсивности измеряемой радиации. Чувствительностью прибора называется отношение изменения величины термоЭДС, возникающей на клеммах термобатареи, к изменению интенсивности радиации, падающей на приемник.

На станциях поверка производится путем сравнения в естественных условиях показаний поверяемых приборов с показаниями контрольного прибора. В качестве контрольного прибора применяется специально выделенный для поверок термоэлектрический актинометр с гальванометром, поверенный по эталонному прибору. Контрольные приборы станции должны использоваться только для поверок.

Поверка пиранометра и балансомера может проводиться двумя способами:

- при перпендикулярном положении приемных поверхностей к направлению солнечных лучей (нормальном положении);
- при горизонтальном положении приемных поверхностей.

Для поверок в нормальном положении применяется специальная установка (труба). Поверка в горизонтальном положении производится при высоте Солнца не ниже  $20^\circ$ .

Поверка приборов на станциях должна проводиться регулярно, по возможности ежемесячно. Наилучшими условиями для поверки являются дни безоблачные или с небольшой мало меняющейся облачностью при состоянии солнечного диска  $\odot^2$  и в часы, близкие к полудню. При этих условиях интенсивность прямой радиации меняется очень мало и переводные множители приборов определяются наиболее точно.

Поверка не производится при быстро меняющейся облачности, низкой прозрачности атмосферы, при наличии в околосолнечной зоне радиусом  $5^\circ$  облаков, пыли или дыма.

### 19.2. Поверка актинометра

Поверка актинометра заключается в сравнении показаний поверяемого прибора с контрольным актинометром. Для этого контрольный актинометр с гальванометром выносится на площадку и устанавливается на столике для поверки рядом с рабочим актинометром. К поверке приступают через 20–30 мин, после того как приборы приняли температуру окружающего воздуха. Данные поверочных на-

блюдений представляются в виде таблицы, как показано в Приложении 15.

*Порядок поверочных наблюдений:*

- записать дату, облачность, цвет неба и видимость;
- актинометры (контрольный и поверяемый) выдержать нацеленными на Солнце в течение 2 мин, после чего трубки актинометров закрыть крышками;
- через 1 мин отсчитать показания гальванометров: место нуля и температуру;
- снять крышки с актинометров, нацелить их точно на солнце;
- не раньше, чем через 30 с после снятия крышек начать одновременные отсчеты показаний обоих гальванометров, отметив время начала поверки.
- по окончании отсчетов актинометры закрыть крышками и произвести повторное определение температуры и места нуля по обоим гальванометрам.

Всего нужно сделать 10 пар одновременных отсчетов с интервалом 10–15 с, во время отсчетов нужно следить, чтобы актинометры были точно нацелены на Солнце. При неустойчивой радиации количество отсчетов должно быть увеличено до 15–20.

*Порядок обработки результатов поверки:*

- вычислить среднее из двух определений значений температуры и места нуля ( $t_{cp}$  и  $N_{o\ cp}$ );
- вычислить среднее из отсчетов по гальванометру ( $N_{cp}$ );
- к значению  $N_{cp}$  добавить шкаловую поправку ( $\Delta N$ ), вычесть место нуля ( $N_{o\ cp}$ ) и в результате получить  $N_{испр}$ ;
- $N_{испр}$  при контрольном актинометре умножить на переводной множитель, соответствующий данной средней температуре гальванометра ( $K_a$ ), получим среднюю интенсивность прямой солнечной радиации  $S$  (с точностью до тысячных долей);
- вычислить переводной множитель поверяемого актинометра  $K_t$  (с точностью до десятитысячных долей) путем деления значения прямой радиации  $S$  на  $N_{испр}$  при поверяемом актинометре, т.е.  $K_t = S/N_{испр}$ ;
- для учета температурных поправок переводной множитель  $K_t$  должен быть приведен к температуре 20°C по формуле

$$K_{20^{\circ}} = K_t + \Delta a(20^{\circ} - t),$$

где  $t$  – температура гальванометра при поверке,  $\Delta a$  – температурный коэффициент, который берется из дополнения к поверочному свидетельству пары – поверяемого актинометра и соединенного с ним гальванометра.

### 19.3. Поверка пиранометра на горизонтальную поверхность

Установка контрольного актинометра производится так же, как и при поверке актинометра. Поверочные наблюдения начинают через 20–30 мин после установки. Образец записи поверочных данных показан в Приложении 16.

*Порядок поверочных наблюдений:*

- записать дату, облачность, цвет неба и видимость;
- контрольный актинометр нацелить на солнце и выдержать не менее 2 мин;
- пиранометр установить по уровню и затенить;
- закрыть актинометр и пиранометр крышками, через 1 мин отсчитать показания гальванометров (место нуля и температуру), после чего снять крышки с приборов и проверить еще раз наводку актинометра и затенение пиранометра;
- через 1 мин сделать отсчет гальванометра при затененном пиранометре и отвести теневой экран, подправить наводку актинометра;
- через 1 мин произвести одновременные отсчеты по освещенному пиранометру и актинометру, отметив время начала поверки;
- затенить пиранометр и через 1 мин повторить отсчет по затененному пиранометру; отвести экран, затем через 1 мин произвести отсчеты по освещенному пиранометру и актинометру и т.д. Всего производят 10 пар одновременных отсчетов по освещенному пиранометру и актинометру (по затененному пиранометру должно быть 11 отсчетов). Перед каждым отсчетом по актинометру проверять его нацеливание на Солнце. При неустойчивой радиации количество отсчетов должно быть увеличено до 15–20;
- после 11 отсчета по затененному пиранометру приборы закрыть крышками и через 1 мин произвести повторное определение температуры и места нуля по обоим гальванометрам.

*Порядок обработки результатов поверки:*

- время перевести в истинное солнечное, для каждого из моментов отсчета по актинометру вычислить высоту Солнца  $h_{\odot}$  и  $\sinh_{\odot}$ ; если отсчеты производились через равные интервалы времени, то можно определить высоту солнца для первого и последнего отсчетов актинометра, а для промежуточных – проинтерполировать;
- вычислить среднее из двух определений температуры и места нуля ( $t_{cp}$  и  $N_{o\ cp}$ ) для гальванометра при контрольном актинометре;
- каждый отсчет актинометра исправить введением шкаловой поправки ( $\Delta N$ ) и отсчета места нуля ( $N_{o\ cp}$ ) и получить  $N_{испр}$ ;

- исправленный отсчет  $N_{испр}$  умножить на переводной множитель актинометра при данной средней температуре  $K_a$  и получить значение прямой радиации на перпендикулярную поверхность  $S$  (с точностью до тысячных долей);
- величину  $S$  умножить на  $\sinh_{\odot}$  и получить прямую радиацию на горизонтальную поверхность  $S'$ ;
- к отсчетам по пиранометру ввести шкаловые поправки (поправку на место нуля вводить не надо);
- из двух соседних исправленных отсчетов по затененному пиранометру найти среднее значение и записать против промежуточного отсчета по освещенному пиранометру;
- из отсчета по затененному пиранометру вычесть отсчет по освещенному;
- каждое из значений  $S'$  разделить на соответствующую разность отсчетов пиранометра, в результате получить ряд переводных множителей для данной высоты солнца  $K_{h_{\odot}}$ ;
- значения переводных множителей  $K_{h_{\odot}}$  разделить на поправочный множитель  $F_h$  и получить нормальный (т.е. приведенный к высоте солнца  $90^\circ$ ) переводной множитель  $K_n$ ;
- из десяти полученных значений  $K_n$  вычислить среднее.

#### 19.4. Поверка балансомера на горизонтальную поверхность

*Порядок поверочных наблюдений:*

- записать дату, облачность, цвет неба и видимость (Приложение 17);
- контрольный актинометр с открытой крышкой нацелить на Солнце, выдержать не менее 2 мин и закрыть;
- через 30 с отсчитать место нуля и температуру гальванометра при контрольном актинометре и снять крышку;
- при замкнутой цепи произвести отсчет места нуля и температуры гальванометра при поверяемом балансомере;
- затенить балансомер экраном, включить вилку гальванометра в розетку от балансомера «минусом» вверх (чтобы отклонение стрелки было вправо);
- через 30 с сделать подряд три отсчета по балансомеру с одновременными отсчетами по анемометру, при записи отсчетов указывать знак вилки (т.е. «-»);
- выключить вилку, опустить теневой экран, проверить нацеливание актинометра; включить вилку «плюсом» вверх и сделать подряд три отсчета по освещенному балансомеру, анемометру и актинометру.

- выключить вилку, затенить балансомер, включить вилку минусом вверх и произвести подряд три отсчета по затененному балансомеру и анемометру.

Одновременные отсчеты делать в следующей последовательности: анемометр – балансомер – актинометр. При среднем отсчете по актинометру записать время.

Серии отсчетов по затененному и освещенному балансомеру чередуют. Всего производят 5 серий отсчетов по освещенному балансомеру и актинометру. Перед каждым отсчетом по актинометру проверять его нацеливание на солнце, балансомер должен быть строго горизонтален. Заканчивать поверку нужно серией отсчетов по затененному балансомеру.

- По окончании всех отсчетов актинометр закрыть крышкой, цепь балансомера разомкнуть и повторно определить место нуля для каждого гальванометра.

По окончании поверки одной стороны балансомера его поворачивают противоположной стороной вверх и повторяют поверку в том же порядке. При этом следует иметь в виду, что после обращения вверх другой стороны балансомера и при освещении ее солнцем вилка будет включаться минусом вверх, а при затенении вилка будет включаться плюсом вверх.

*Порядок обработки результатов поверки*

- Время наблюдений перевести в истинное солнечное, для каждого из моментов отсчета по актинометру вычислить  $\sinh_{\odot}$ ;
- вычислить среднее из двух определений температуры и места нуля ( $t_{cp}$  и  $N_{o\ cp}$ ) для каждого гальванометра;
- из каждой серии в три отсчета по актинометру вычислить среднее ( $N_{cp}$ ), которое исправить введением шкаловой поправки ( $\Delta N$ ), затем вычесть место нуля ( $N_{o\ cp}$ ) и получить  $N_{испр}$ ;
- исправленный отсчет  $N_{испр}$  умножить на переводной множитель актинометра при данной средней температуре  $K_a$  и получить значение прямой радиации на перпендикулярную поверхность  $S$  (с точностью до тысячных долей);
- величину  $S$  умножить на  $\sinh_{\odot}$  и получить прямую радиацию на горизонтальную поверхность  $S'$ ;
- для каждой серии в три отсчета найти среднее значение для скорости ветра и показаний затененного и освещенного балансомера, ввести шкаловые поправки и вычесть место нуля (если отсчеты имеют знак минус, то при введении поправки он не принимается во внимание, а поправки прибавляются к абсолютной величине отсчета);
- исправленные отсчеты  $N_{испр}$  балансомера умножить на поправочный множитель  $\Phi_u$ , соответствующий средней скорости ветра

в момент отсчета, и получить показания, приведенные к штитевым условиям;

- из двух соседних отсчетов по затененному балансомеру (приведенных к штитевым условиям) найти среднее значение и записать его против промежуточного среднего отсчета по освещенному балансомеру;

- из отсчета по затененному балансомеру вычесть (с учетом знака) отсчет по освещенному;

- каждое из значений  $S'$  разделить на соответствующую разность отсчетов балансомера, затем из полученного ряда переводных множителей  $K$  вычислить среднее.

Таким же образом обработать результаты поверки второй стороны балансомера. Из двух значений переводного множителя, полученного для каждой из сторон (если различие между ними не превышает 5%), вычислить среднее значение, которое и будет переводным множителем балансомера с данным гальванометром.

### 19.5. Контрольные вопросы

1. Для чего производится поверка измерительных приборов?
2. Какова основная цель поверки актинометрических приборов?
3. Назовите способы проведения поверки пиранометров и балансомеров.
4. Порядок поверочных наблюдений актинометра.
5. Порядок поверочных наблюдений пиранометра.
6. Порядок поверочных наблюдений балансомера.

## 20. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

### 20.1. Основные сведения и расчетные формулы

В каждый момент времени температура почвы на разных глубинах бывает неодинаковой, поэтому устанавливается тот или иной тип ее вертикального распределения. Вертикальный градиент температуры принято направлять в сторону убывания температуры. В том же направлении происходит перенос тепла в почве. Количественной его характеристикой является поток тепла, который считается положительным при направлении от деятельной слоя в глубь почвы.

Если температура деятельной поверхности больше температуры нижележащих слоев, то поток тепла направлен вглубь и почва прогревается. Если же деятельная поверхность холоднее нижеле-

жащих слоев, то поток тепла направлен из глубины к поверхности и почва охлаждается.

Средний поток тепла в почве между двумя наблюдениями

$$P = \frac{c}{\tau} S_1, \quad (20.1)$$

где  $c$  – объемная теплоемкость почвы, кал/см<sup>3</sup>·°С;  $\tau$  – продолжительность интервала времени между измерениями, мин;  $S_1$  – величина, характеризующая изменение температуры в 20-сантиметровом слое почвы за данный интервал времени, °С·см.

В условиях учебной практики объемная теплоемкость почвы может быть приближенно определена по табл. 20.1.

Таблица 20.1

Объемная теплоемкость различных почв

Влажность почвы	Состав почвы		
	песок	глина	гумус
Абсолютно сухая	0,29	0,23	0,16
Сухая	0,37	0,28	0,18
Слабо увлажненная	0,44	0,34	0,20
Влажная	0,52	0,39	0,22
Очень влажная	0,59	0,44	0,24

Величина  $S_1$  находится по формуле:

$$S_1 = \sum_i r_i \Delta t_i, \quad i = 0, 5, 10, 15, 20 \text{ см} \quad (20.2)$$

где  $\Delta t_i$  – разности температур на поверхности и на глубинах в конечный и начальный моменты интервала;  $\tau$ ,  $r_i$  – постоянные коэффициенты. Произведения  $r_i \Delta t_i$  находятся по вспомогательной таблице (Приложение 18).

### 20.2. Измерения и обработка результатов

Для расчетов потока тепла в почве используются данные измерений температуры почвы на глубинах 0, 5, 10, 15, 20 см. Рекомендуется проводить измерения каждый час с 9 до 13 ч. Отсчеты заносятся в табл.1 Приложения 19.

К отсчетам ввести соответствующие поправки и записать исправленные значения. К температуре поверхности поправки не вводить. Исправленные значения перенести в табл. 2, 3 и 4. После второго и следующих наблюдений вычислить в табл. 2 средний поток  $P$  за минуту по формуле (20.1) с точностью до сотых. После последнего наблюдения вычислить сумму потока за период с 9 до 13 ч по формуле:

$$\sum_{9-13} P = 60(P_{9-10} + P_{10-11} + P_{11-12} + P_{12-13}) \quad (20.6)$$

с точностью до целых кал/см.

### 20.3. Анализ результатов

Построить и проанализировать графики:

*Дневной ход температуры почвы.* Построить кривые хода температуры почвы на поверхности и на глубинах 10 и 20 см. При анализе указать общий характер кривых, значения экстремумов и время их наступления, амплитуды дневного хода и их изменение с глубиной. Сделать вывод о выполнении теоретических закономерностей распространения температурных колебаний в почву.

*Вертикальное распределение температуры почвы* в сроки 9 и 12 ч. На оси абсцисс отложить температуру. Ось ординат направить вертикально вниз и отложить глубины. При анализе указать, является ли каждая кривая характерной для данного времени суток (если не характерна, то чем могла быть вызвана аномалия), как изменяются с глубиной знак и величина вертикального градиента температуры, каково направление потока тепла во всем 20-сантиметровом слое почвы или в отдельных его прослойках.

*Дневной ход потока тепла в почве.* Кривую построить по полученным значениям потока за каждый час. В анализе указать характер изменений потока за рассматриваемое время, экстремумы и время их наступления, амплитуду. Если имелись переходы через нуль, а также перегибы кривой, то указать время их наступления, отметить было ли оно нормальным или аномальным. Назвать возможные причины аномалий.

### 20.4. Контрольные вопросы

1. Какие физические характеристики почвы определяют ее тепловой режим? Почему направление градиента температуры почвы близко к вертикальному?
2. Нормальным ли оказался ход температуры на поверхности и на глубинах? Чем он вызван? Если в нем были аномалии, то чем они объясняются? Как и почему он изменился бы при других условиях облачности, в другое время года, на более плотной или рыхлой, более влажной или сухой почве, на площадке с растительным покровом?
3. Нормальны ли полученные вертикальные профили температуры, и чем они обусловлены? Как они изменились бы при изменении условий, указанных в предыдущем вопросе?

4. От каких факторов зависит величина потока тепла в почве? Чем определяется его знак? В каких единицах выражается этот поток? Каковы его основные свойства и роль в тепловом балансе деятельного слоя?

## 21. ГРАДИЕНТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА ДВУХ УРОВНЯХ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ

### 21.1. Основные сведения

Движение воздуха в естественных условиях никогда не бывает плавным, спокойным. Под влиянием неровностей деятельной поверхности, неравномерного нагревания различных ее участков, а также изменения с высотой скорости ветра и температуры воздуха в атмосфере непрерывно возникают и беспорядочно перемещаются во всех направлениях отдельные объемы воздуха (вихри) разных размеров. Это беспорядочное перемешивание объемов воздуха и называется *турбулентным перемешиванием*. В процессе перемешивания турбулентные вихри переносят с собою тепло, водяной пар, аэрозоль и различные другие свойства того объема воздуха, который они захватывают, осуществляя интенсивный теплообмен и влагообмен между деятельной поверхностью и атмосферой.

Интенсивность турбулентного перемешивания количественно характеризуется *коэффициентом турбулентности*  $k$ . На станциях находят его значение на высоте 1 м. Для этого используют результаты градиентных наблюдений над скоростью ветра и температурой воздуха на стандартных высотах 0,5 и 2,0 м над земной поверхностью. При этом  $k$  вычисляют, например, по формуле М.И. Будыко:

$$k = 0,104 \cdot \Delta u \cdot z \left[ 1 + 1,38 \frac{\Delta t}{(\Delta u)^2} \right], \text{ м}^2/\text{с}, \quad (21.1)$$

где  $\Delta u$  – разность скоростей ветра на высотах 2,0 и 0,5 м;  $\Delta t$  – разность температур воздуха на высотах 0,5 и 2,0 м;  $z$  – высота, равная 1 м.

Раскрывая скобки в формуле (21.1), можно представить  $k$  в виде суммы двух слагаемых. Первое характеризует влияние на  $k$  разности скоростей ветра (динамический фактор), второе – относительную роль стратификации (термический фактор).

При глубоких инверсиях может оказаться  $1,38 \frac{\Delta t}{(\Delta u)^2} < -1$  и формула М.И. Будыко станет непригодной. В действительности  $k$  при

этом очень мал, а при отсутствии ветра обращается в нуль. Кроме того, формулой (21.1) нельзя пользоваться при  $\Delta u \leq 0,2$  м/с.

Интенсивный перенос тепла и водяного пара, возникающий вследствие турбулентного перемешивания, характеризуется турбулентными потоками тепла и пара, т.е. их количествами, переносимыми в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную к направлению градиентов температуры и влажности. Над обширным ровным однородным деятельным слоем, над которым горизонтальные градиенты температуры и влажности отсутствуют, турбулентные потоки тепла и пара направлены вертикально. При таких условиях турбулентный поток тепла  $L$  равен турбулентному теплообмену между деятельным слоем и атмосферой, а турбулентный поток пара  $V$  – испарению с поверхности деятельного слоя  $W$ . На этих положениях основан «метод турбулентной диффузии».

Величины  $L$  и  $V$ , наряду с радиационным балансом  $B$  и потоком тепла в почве  $P$ , являются основными элементами теплового баланса деятельного слоя. При использовании метода турбулентной диффузии они определяются по формулам:

$$L = 1,35 \frac{k}{z} \Delta t, \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}, \quad (21.2)$$

$$V = 2,1 \frac{k}{z} \Delta e, \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}, \quad (21.3)$$

где  $\Delta e$  – разность упругости пара на высотах 0,5 и 2,0 м.

Испарение  $W$  в мм/ч численно равно затрате тепла на испарение  $V$ . Значения  $L$ ,  $V$  и  $W$  вычисляются с точностью до сотых. Формулы для  $L$  и  $V$  табулированы (Приложения 20, 21).

## 21.2. Измерения и обработка результатов

### Порядок измерений:

- установить анемометры на высотах 0,5 и 2,0 м циферблатами в сторону, куда дует ветер; записать начальные показания анемометров в КМ-16 в правые клетки строчек «скорость ветра на высотах» (Приложение 22);
- установить психрометры в горизонтальном положении так, чтобы резервуары термометров располагались на высотах 0,5 и 2,0 м, защитные трубки направить навстречу ветру, но чтобы в них не попадали солнечные лучи;
- смочить и завести нижний, а затем верхний психрометр, при смачивании снимать психрометры и держать их вертикально; заметить с точностью до минуты и запомнить время завода нижнего психрометра;

- записать двухзначный номер месяца, число (двумя цифрами), срок наблюдения (трехзначным числом: две первые цифры – час, последняя – десятые доли часа); в строчки  $E_1$  и  $E_2$  записать состояние деятельной поверхности (см. табл. 15.1 в работе № 15);
  - через три минуты после смачивания записать состояние диска Солнца в первой клетке соответствующей строки; произвести отсчет и записать показания сухого и смоченного термометров нижнего, а затем верхнего психрометра; подзавести психрометры;
  - заметить время по часам с секундной стрелкой или запустить секундомер и одновременно включить анемометры;
  - через 2–3 минуты после первых отсчетов записать состояние диска Солнца и сделать вторые отсчеты, после них приборы не смачивать и не заводить; записать количество облаков;
  - через 2–3 мин записать третьи отсчеты, смочить и завести психрометры; если к моменту смачивания аспиратор еще вращается, то плавно затормозить его бумажкой или травинкой; через 4 мин после второго смачивания сделать четвертые отсчеты и подзавести психрометры;
  - ровно через 10 мин после включения выключить анемометры;
  - через 2–3 мин после четвертых отсчетов записать состояние диска Солнца и сделать пятые отсчеты;
  - записать направление ветра по М-63 так же, как в КМ-1;
  - записать в левых клетках соответствующих строчек конечные показания анемометров;
  - записать атмосферные явления (условным обозначением) и погоду между сроками (словами согласно коду КН-01); если никаких явлений не наблюдалось, то графу «величина, шифр» не заполнять;
  - анемометры и психрометры снять, тщательно обтереть и уложить в футляры;
  - отсчитать показание барометра, ввести поправки и записать в строчке  $P_a$  давление в мб, не приведенное к уровню моря.
- Обработка результатов измерений:*
- в строчке «диск Солнца» столбец «величина, шифр» заполнить по коду (табл.21.1);
  - найти средние из пяти отсчетов каждого термометра поправки и исправленные значения (при записи в левой половине листка эти величины записываются слева направо, в правой половине – справа налево); вычислить разность исправленных показаний сухого термометра и записать в строчку  $\Delta t$ ;
  - найти упругость пара на высотах 0,5 и 2,0 и их разность;
  - направление ветра зашифровать по коду КН-01;

Таблица 21.1

Код для шифровки состояния диска Солнца

Состояние диска	Цифра кода
П	0
Меняющееся состояние без преобладания какого-либо знака	1
☉ <sup>0</sup>	2
☉	3
☉ <sup>2</sup>	4
Меняющееся состояние с преобладанием знака П	5
Меняющееся состояние с преобладанием знака ☉ <sup>0</sup>	6
Меняющееся состояние с преобладанием знака ☉	7
Меняющееся состояние с преобладанием знака ☉ <sup>2</sup>	8
Солнца не видно из-за закрытости горизонта	9

Примечание: цифры 0, 2, 3, 4 использовать, если соответствующий знак записан в пяти или четырех случаях, а цифры 5, 6, 7, 8 – когда он отмечен в трех случаях. При других сочетаниях знаков применять цифру 1.

Таблица 21.2

Код для шифровки атмосферных явлений

Атмосферное явление	Шифр	Атмосферное явление	Шифр
Дым	0	Поземок, пыльный поземок	5
Роса	1	Метель, выюга с выпадением снега, низовая метель	6
Дымка, мгла	2	Снег, ледяная крупа, снежная крупа	7
Пыльная буря	3	Туман	8
Дождь, ледяной дождь, град, морось	4	Иней, изморозь, гололед, ледяные иглы	9

Примечание: при сильной интенсивности над цифрой ставить «х», при слабой – «=». Если отмечено несколько явлений, то шифровать то, которое оказывает наибольшее влияние на приход солнечной радиации.

Таблица 21.3

Код для шифровки состояния деятельной поверхности

Первая цифра		Вторая цифра	
Оголенная почва	0	Трава сухая, почва сухая	7
Трава зеленая	1	Трава влажная или мокрая, почва	8
Трава пожелтевшая	2	влажная или мокрая	
Трава высохшая, выгоревшая, побуревшая, прошлогодняя	3	Трава или почва замерзшая, снег с коркой	9
Снег чистый	4		
Снег загрязненный	5		
Снег с грязью	6		

Примечание: при редкой траве над первой цифрой ставится «х». При воде на площадке на первом месте ставится «х», на втором – 8. Если для наблюдаемого состояния нет подходящей цифры, то ставится «х».

- вычислить разности между конечными и начальными показаниями анемометров и найти скорости ветра; вычислить разности скоростей на высотах 2,0 и 0,5 м;

- зашифровать атмосферные явления в срок наблюдения согласно табл. 21.2, погоду между сроками ( $W$ ) – по коду КН-01;

- зашифровать  $E_1$  двумя цифрами: первая характеризует вид поверхности (без растений, трава, снег), ее цвет и свежесть покрова, вторая – увлажнение (табл. 21.3);  $E_2$  не шифровать.

### 21.3. Анализ результатов

1. На отдельном листке указать число, месяц, срок наблюдения и вычислить с точностью до сотых величины  $0,104 \cdot \Delta u \cdot z$  и  $0,144 \cdot z \cdot (\Delta t / \Delta u)$ . Сделать заключение о том, динамический или термический фактор оказал преобладающее влияние на интенсивность турбулентного перемешивания. Сложить обе величины и получить значение  $k$ .

2. По таблицам Приложений 20 и 21 найти  $L$  и  $V$  или вычислить эти величины по приведенным выше формулам. Записать их с точностью до сотых на том же листке. Проанализировать соответствие полученных значений данному времени года и суток, погодным условиям, характеру деятельного слоя. Сравнить  $L$  и  $V$  между собой и сделать заключение об особенностях перераспределения тепла деятельным слоем и о возможных его причинах.

3. По результатам наблюдений построить графики:

- дневной ход коэффициента турбулентности и влияющих факторов. Нанести оба слагаемых формулы Будыко и их сумму. Под осью абсцисс подписать состояние диска солнца, количество и формы облаков в момент каждого наблюдения. При анализе обратить внимание на преобладание динамической или термической турбулентности в разное время дня и на причины увеличения и уменьшения интенсивности перемешивания;

- дневной ход турбулентного потока тепла. На одном графике построить кривые изменения коэффициента турбулентности, разности температур на высотах 0,5 и 2,0 м, турбулентного потока тепла. Под осью абсцисс подписать те же величины, что и на предыдущем графике. При анализе рассмотреть дневной ход турбулентного потока тепла, указать экстремальные значения, время их наступления, амплитуду колебания, установить связь изменений  $L$  с изменениями  $k$  и  $\Delta t$ ;

- дневной ход испарения. График строится и анализируется как предыдущий, но вместо разности температур наносится разность

упругостей пара, а вместо турбулентного потока тепла – испарение в мм/ч, численно совпадающее с затратой тепла на испарение в кал/см<sup>2</sup>мин.

### 21.4. Контрольные вопросы

1. Природа турбулентного перемешивания.
2. Причины турбулентного перемешивания и факторы, влияющие на его интенсивность.
3. Что представляет собой коэффициент турбулентности, в каких единицах и с какой точностью его принято выражать?
4. Основные свойства коэффициента турбулентности в нижних слоях атмосферы.
5. Градиентные измерения и основные правила их выполнения.
6. Вычисление коэффициента турбулентности по результатам градиентных измерений.
7. Важнейшие следствия турбулентного перемешивания.
8. Роль турбулентных потоков тепла и водяного пара. Их связь с тепловым балансом деятельного слоя.
9. Вычисление турбулентных потоков по результатам градиентных измерений. От чего зависит и какой смысл имеет знак этих потоков?
10. Факторы, влияющие на соотношение между этими потоками, и характер их влияния.
11. Как и почему изменился бы найденный коэффициент турбулентности, если бы при неизменности остальных условий изменилась скорость ветра? То же на площадке с большей или меньшей шероховатостью, при большей или меньшей неустойчивости приземного слоя атмосферы?
12. За счет чего и в какую сторону могут измениться полученные  $k$ ,  $L$  и  $V$  в ночные часы?

### ПРИЛОЖЕНИЯ

#### Приложение 1

Пример записи данных метеорологических наблюдений в книжке КМ-1

Дата		16/II												Примечания
Время		09			12			15			18			
Видимость	объект, освещение, Е	Б	1км	3ст	Б	1км	2ст	Б	1км	2ст	Б	1км	2ст	
		испр. отсчет, км, цифры кода	1,5	4	94	2,5	5	95	2,5	5	95	2,5	5	95
Облачность	КО-лич.	10			10			10			10			
	общ	St-320			Sc-390			St-320			Sc-550			
	ниж													
	форма	St			Sc			St			Sc			
СТОЯ-ние погоды	между сроками W, W <sub>2</sub>	Туман (42)			Снег (72)			Снег (72)			Снег (72)			
	в срок ww	Дымка (10)			Снег (71)			Сн. зерна (77)			Снег (20)			

Таблица поправок для перехода к виртуальной температуре воздуха  
(атмосферное давление (900±50) мбар)

T°С	е, мбар														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
-20	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
-10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
5	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8
10	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
15	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8
20	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
25	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
30	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
35	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
40	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0
45	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0
50	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0

T°С	е, мбар														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5
10	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6
15	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,6
20	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7
25	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8
30	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8
35	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9
40	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9
45	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0
50	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	3,9	4,1

	атмосферные явления		9 – 10 ° 10 – 12 9 – 12 * 11 <sup>30</sup> – 12		° 12 – 15 △ ° 13 – 15 * 12 – 15 ∞ 12 – 14 <sup>35</sup>		15 – 18 △ ° 15 – 17 <sup>40</sup>							
	Температура почвы	срочная	-4,0	-3,5	-2,5	-2,5								
минимальная спирт		-4,1	-4,4	-3,6	-4,1	-2,6	-3,6	-2,6	-2,6					
максимальная		до встряхив.	-4,0	-3,3	-2,4	-2,4								
		после встряхив.	-4,0	-3,3	-2,4	-2,4								
Температура воздуха	сухой термометр	от-счет	попр.	испр. знач.	от-счет	попр.	испр. знач.	от-счет	попр.	испр. знач.				
	смоченный термометр	-3,6	0,0	-3,6	-2,6	0,0	-2,6	-2,2	0,0	-2,2	-2,5	0,0	-2,5	
	минимальная	спирт	-3,7л	0,1	-3,6	-3,0л	0,1	-2,9	-2,6л	0,1	-2,5	-2,9л	0,1	-2,8
		штифт	-3,6	0,0	-3,6	-2,6	0,0	-2,6	-2,2	0,0	-2,2	-2,5	0,0	-2,5
	максимальная	до встряхив.	-3,8	0,0	-3,8	-3,6	0,0	-3,6	-2,6	0,0	-2,6	-2,6	0,0	-2,6
		после встряхив.	-3,6	0,0	-3,6	-2,5	0,0	-2,5	-2,0	0,0	-2,0	-2,2	0,0	-2,2
Влажность	гигрометр	91		86		86		86						
	парц. давл. вод. пара	относ.	4,52	97	4,59	91	4,75	91	4,63	91				
Ве-тер	дефицит насыщения	точка росы	0,16	-4,1	0,46	-3,9	0,45	-3,4	0,45	-3,8				
	направление	скорость	295	1	300	1	290	1	300	1				
	максим. порыв	1 (3)		1 (2)		1 (2)		2 (4)						

Продолжение приложения 1

Давление	термометр при барометре	20,7	0,1	20,8	20,8	171	20,4	0,1	20,5	21,8	0,1	21,9	
	отсчет барометра	049,7	+1,0 -3,6	1047,1	1050,3 -3,6	1047,7	1050,6	+1,0 -3,5	1048,1	1049,8	+1,0 -3,8	1047,0	
	виртуальная температура	-3,6	0,5	-3,1	-2,6	0,5	-2,1	-2,2	0,5	-1,7	-2,5	0,5	-2,0
	давление на уровне моря	47,9		48,5		48,8		47,8					
	барометрич. тенденция	↘ 8	0,5	↗ 0	0,6	↘ 1	0,3	↘ 7	1,0				
Количество осадков	-	-	0,0				1	0,1	0,1	0,2			
Подпись	Иванов		Иванов		Иванов		Иванов						

Приложение 3

Пример записи результатов измерений температуры почвы на глубинах в книжке КМ-3

Сроки	Контроль	5			10			15			20						
		Диапазон		Температура	Диапазон		Температура	Диапазон		Температура	Диапазон		Температура				
		гальван.	отсчет	поправка	испр. значение	гальван.	отсчет	поправка	испр. значение	гальван.	отсчет	поправка	испр. значение				
0	-	-	16,0	0,1	16,1	-	17,0	0,0	17,0	-	17,1	0,0	17,1	-	17,1	-0,1	17,0
3	-	-	14,5	0,1	14,6	-	15,6	0,0	15,6	-	16,1	0,0	16,1	-	16,4	-0,1	16,3
6	-	-	13,7	0,1	13,8	-	14,8	0,0	14,8	-	15,3	0,0	15,3	-	15,7	-0,1	15,6
9	-	-	15,0	0,1	15,1	-	14,6	0,0	14,6	-	14,9	0,1	15,0	-	15,2	-0,1	15,1
12	-	-	17,5	0,1	17,6	-	16,0	0,0	16,0	-	15,5	0,0	15,5	-	15,3	-0,1	15,2
15	-	-	15,5	0,1	15,6	-	16,0	0,0	16,0	-	15,8	0,0	15,8	-	15,5	-0,1	15,4
18	-	-	14,5	0,1	14,6	-	15,3	0,0	15,3	-	15,4	0,0	15,4	-	15,4	-0,1	15,3
21	-	-	13,0	0,1	13,1	-	14,0	0,0	14,0	-	14,5	0,1	14,6	-	14,8	-0,1	14,7
Сумма и средняя					120,5 15,1				123,3 15,4				124,8 15,6				124,6 15,6

Сроки	Контроль	0,20			0,40			Срок: 12 час				Контроль	Подпись			
		Диапазон		Температура	Диапазон		Температура	глубины	Диапазон					Температура		
		гальван.	отсчет	поправка	испр. значение	гальван.	отсчет		поправка	испр. значение	гальван.			отсчет	поправка	испр. значение
0	-	-	14,3	0,0	14,3	-	11,1	0,0	11,1	0,8	-	7,4	0,0	7,4	-	Белявская
3	-	-	14,0	0,0	14,0	-	11,2	0,0	11,2		-				-	Белявская
6	-	-	13,6	0,0	13,6	-	11,2	0,0	11,2	1,6	-	5,0	0,0	5,0	-	Белявская
9	-	-	13,4	0,0	13,4	-	11,3	0,0	11,3		-				-	Дорошенкова
12	-	-	13,4	0,0	13,4	-	11,3	0,0	11,3	3,2	-	5,0	0,1	5,1	-	Дорошенкова
15	-	-	13,5	0,0	13,5	-	11,3	0,0	11,3		-				-	Дорошенкова
18	-	-	13,4	0,0	13,4	-	11,3	0,0	11,3	Снегомерная рейка				-	Дорошенкова	
21	-	-	13,0	0,0	13,0	-	11,2	0,0	11,2	Снегомерная рейка				-	Дорошенкова	
Сумма и средняя					108,6 13,6				89,9 11,2	Примечания						

Приложение 4

Поправка Δτ (в минутах) к среднему солнечному времени (или уравнение времени)  
(разность между средним и истинным солнечным временем, в минутах)<sup>1</sup>

Год	Месяц													
	простой	високосный <sup>2</sup>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		1	3	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	4	-3	-2	4	6	0	-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	-2	4	6	-1	-12	-16	-9
7		8	6	14	11	2	-3	-2	5	6	-2	-12	-16	-9
8		9	6	14	11	2	-4	-1	5	6	-2	-12	-16	-8
9		10	7	14	11	2	-4	-1	5	6	-2	-12	-16	-8
10		11	7	14	11	2	-4	-1	5	6	-3	-13	-16	-8
11		12	8	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
12		13	8	14	10	1	-4	0	6	5	-3	-13	-16	-7
13		14	8	14	10	1	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-6
14		15	9	14	10	1	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-6
15		16	9	14	9	0	-4	0	6	5	-5	-14	-16	-5
16		17	10	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-5
17		18	10	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-4
18		19	10	14	8	0	-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	4	-6	-15	-14	-3
21		22	11	14	8	-1	-4	1	6	3	-7	-15	-14	-2
22		23	12	14	7	-1	-4	2	6	3	-7	-15	-14	-2
23		24	12	14	7	-2	-3	2	6	3	-7	-16	-14	-1
24		25	12	14	7	-2	-3	2	6	3	-8	-16	-14	-1
25		26	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	0
26		27	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-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	-9	-16	-12	2
30		31	13		5	-3	-3	3	6	1	-10	-16	-12	2
31			13		4		-3		6	1		-16		3

<sup>1</sup> Таблица относится к 1950 г. Без большой ошибки ею можно пользоваться для любого другого года.

<sup>2</sup> Этой графой следует пользоваться только для января и февраля високосных лет. В остальные месяцы любого года пользоваться первой графой.

Склонение Солнца  $\delta_{\odot}^1$

Год		Месяц											
простой	високосный <sup>2</sup>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		Числа											
	1	-23,0	-17,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	-23,0	-17,2	-7,7	+4,4	+15,0	+22,0	+23,1	+18,2	+8,4	-3,1	-14,3	-21,8
2	3	-22,9	-16,9	-7,3	+4,8	+15,3	+22,2	+23,1	+17,9	+8,0	-3,5	-14,7	-21,9
3	4	-22,9	-16,6	-6,9	+5,2	+15,6	+22,3	+23,0	+17,6	+7,7	-3,8	-15,0	-22,1
4	5	-22,8	-16,4	-6,6	+5,6	+15,9	+22,4	+22,9	+17,3	+7,3	-4,2	-15,3	-22,2
5	6	-22,6	-16,0	-6,2	+6,0	+16,2	+22,5	+22,8	+17,1	+6,9	-4,6	-15,6	-22,3
6	7	-22,5	-15,7	-5,8	+6,3	+16,5	+22,6	+22,7	+16,8	+6,6	-5,0	-15,9	-22,5
7	8	-22,4	-15,4	-5,4	+6,7	+16,7	+22,7	+22,6	+16,5	+6,2	-5,4	-16,2	-22,6
8	9	-22,3	-15,1	-5,0	+7,1	+17,0	+22,8	+22,5	+16,2	+5,8	-5,8	-16,5	-22,7
9	10	-22,1	-14,8	-4,6	+7,5	+17,3	+22,9	+22,4	+16,0	+5,4	-6,2	-16,8	-22,8
10	11	-22,0	-14,4	-4,2	+7,8	+17,5	+23,0	+22,3	+15,7	+5,0	-6,5	-17,1	-22,9
11	12	-21,9	-14,1	-3,8	+8,2	+17,8	+23,1	+22,2	+15,4	+4,7	-6,9	-17,3	-23,0
12	13	-21,7	-13,8	-3,4	+8,6	+18,1	+23,2	+22,0	+15,1	+4,3	-7,3	-17,6	-23,1
13	14	-21,5	-13,5	-3,0	+8,9	+18,3	+23,3	+21,9	+14,8	+3,9	-7,7	-17,9	-23,2
14	15	-21,4	-13,1	-2,6	+9,3	+18,6	+23,3	+21,7	+14,5	+3,5	-8,0	-18,2	-23,3
15	16	-21,2	-12,8	-2,2	+9,7	+18,8	+23,3	+21,6	+14,2	+3,1	-8,4	-18,4	-23,3
16	17	-21,0	-12,4	-1,9	+10,0	+19,0	+23,4	+21,4	+13,8	+2,8	-8,8	-18,7	-23,4
17	18	-20,8	-12,1	-1,5	+10,4	+19,3	+23,4	+21,3	+13,5	+2,4	-9,1	-18,9	-23,4
18	19	-20,6	-11,7	-1,1	+10,7	+19,5	+23,4	+21,1	+13,2	+2,0	-9,5	-19,2	-23,4
19	20	-20,4	-11,4	-0,7	+11,1	+19,7	+23,4	+20,9	+12,9	+1,6	-9,9	-19,4	-23,4
20	21	-20,2	-11,0	-0,3	+11,4	+19,9	+23,4	+20,7	+12,6	+1,2	-10,2	-19,6	-23,4
21	22	-20,0	-10,7	+0,1	+11,8	+20,1	+23,4	+20,5	+12,2	+0,8	-10,6	-19,9	-23,4
22	23	-19,7	-10,3	+0,5	+12,1	+20,3	+23,4	+20,3	+11,9	+0,4	-11,0	-20,1	-23,4
23	24	-19,5	-9,9	+0,9	+12,4	+20,5	+23,4	+20,1	+11,6	+0,1	-11,3	-20,3	-23,4
24	25	-19,3	-9,6	+1,3	+12,8	+20,7	+23,4	+19,9	+11,2	-0,3	-11,7	-20,5	-23,4
25	26	-19,0	-9,2	+1,7	+13,1	+20,9	+23,4	+19,7	+10,9	-0,7	-12,0	-20,7	-23,4
26	27	-18,8	-8,8	+2,1	+13,4	+21,1	+23,4	+19,5	+10,5	-1,1	-12,3	-20,9	-23,3
27	28	-18,5	-8,4	+2,5	+13,7	+21,3	+23,3	+19,3	+10,2	-1,5	-12,7	-21,1	-23,3
28	29	-18,3	-8,1	+2,9	+14,1	+21,4	+23,3	+19,1	+9,8	-1,9	-13,0	-21,3	-23,2
29	30	-18,0	-	+3,3	+14,4	+21,6	+23,3	+18,8	+9,5	-2,3	-13,4	-21,4	-23,2
30	31	-17,7	-	+3,7	+14,7	+21,7	+23,2	+18,6	+9,1	-2,7	-13,7	-21,6	-23,1
31		-17,5	-	+4,0	-	+21,9	-	+18,4	+8,8	-	-14,0	-	-

<sup>1</sup> Таблица составлена по данным Астрономического ежегодника на 1950 г., причем склонение дается для истинного гринвичского полдня.

<sup>2</sup> Этой графой следует пользоваться только для января и февраля високосных лет. В остальные месяцы любого года пользоваться первой графой.

Пример записи и обработки наблюдений по актинометру

Число 25.6		Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота Солнца					
Облачность 2-1 $C_u, C_l, \text{ в } \langle z \rangle C_i$		29,4	18,5	$\tau_m$	10,54	$h_{\odot}$	52,3		
Цвет неба и видимость Голубое, 7		Влажность воздуха	0,2	$\tau_{\odot}$	10,52	$\sin h_{\odot}$	0,791		
			8,4	18,7	$\tau_{\odot}$	23,4			
Состояние деятельной поверхности Трава зеленая, сухая			Место нуля приборов						
			Актинометра 5,2	Балансомера	Альбедометра				
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска Солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{cp}$ $\Delta N$ $N_0$	$N_{испр}$ $U_{испр}$ $\Phi_{испр}$ $N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кВт/м <sup>2</sup>
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta N, N_0$	$N_{испр}$	
10.53	$D_1$	$\odot^2$					54,3		$D_1$
	$B$	$\odot^2$					54,1		
	$B - S''$	$\odot^2$					54,7		$B - S''$
							-0,2		$S$ 0,94
							-5,2		$S'$ 0,74
									$B$
	$Q$	$\odot^2$					53,9		$B_0$
	$R_k$	$\odot^2$					54,6		$R_k$
							-0,2		$S$ 0,94
							-5,2		$S'$ 0,74
10.55	$D_2$	$\odot^2$					54,2		$D_2$
									$Q$
									$A_k$
Атмосферные явления									
Примечания									

Приложение 9

Коэффициент прозрачности атмосферы  $P$  при различных  $S_{p,30}$

$S_{p,30}$ , кВт/м <sup>2</sup>	Сотые доли кВт/м <sup>2</sup>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	0,601	0,607	0,613	0,619	0,625	0,631	0,637	0,642	0,648	0,653
0,6	0,659	0,664	0,670	0,675	0,681	0,686	0,691	0,696	0,701	0,707
0,7	0,712	0,717	0,722	0,727	0,732	0,737	0,742	0,746	0,751	0,756
0,8	0,761	0,766	0,770	0,775	0,780	0,784	0,789	0,793	0,798	0,802
0,9	0,807	0,811	0,816	0,820	0,825	0,829	0,833	0,838	0,842	0,846
1,0	0,851	0,855	0,859	0,863	0,867	0,872	0,876	0,880	0,884	0,888
1,1	0,892	0,896	0,900	0,904	0,908	0,912	0,916	0,920	0,924	0,928

Приложение 10

Фактор мутности  $T$  при различных  $S_{p,30}$

$S_{p,30}$ , кВт/м <sup>2</sup>	Сотые доли кВт/м <sup>2</sup>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	5,078	4,979	4,882	4,787	4,693	4,602	4,512	4,423	4,336	4,251
0,6	4,167	4,085	4,003	3,923	3,845	3,767	3,691	3,616	3,542	3,469
0,7	3,397	3,326	3,257	3,188	3,120	3,053	2,986	2,921	2,857	2,793
0,8	2,730	2,668	2,607	2,546	2,487	2,428	2,369	2,311	2,254	2,198
0,9	2,142	2,087	2,032	1,978	1,925	1,872	1,820	1,768	1,717	1,666
1,0	1,616	1,566	1,517	1,468	1,420	1,372	1,325	1,278	1,231	1,185
1,1	1,140	1,095	1,050	1,005	0,961	0,918	0,875	0,832	0,789	0,747

Приложение 11

Пример записи и обработки наблюдений в работе № 16

Число 1.7		Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота Солнца						
Облачность 7-7 Sc		24,7	17,6	$\tau_m$	14,12	$h_\odot$	53,8			
Цвет неба и видимость		Влажность воздуха	0,2	$\tau_\odot$	14,08	$\sin h_\odot$	0,807			
			10,1	17,8	$\tau_\odot$	23,1				
Состояние деятельной поверхности <i>трава пожелтевшая, сухая</i>		Место нуля приборов								
		Актинометра 4,8		Балансомера		Альбедометра 5,4				
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска Солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{cp}$ $\Delta N$ $N_0$	$N_{испр}$ $U_{испр}$ $\Phi_{испр}$ $N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кВт/м <sup>2</sup>	
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta N, N_0$	$N_{испр}$		
14,09	$D_1$	$\odot^2$	X	24,6	24,7	19,5	42,3	37,6	$D_1$	0,16
				24,9	0,2		0,1			
				24,7	-5,4		-4,8			
	$B$									
	$B - S''$								$B - S''$	
									$S$	
									$S'$	
									$B$	
	$Q$	$\odot^2$	X	40,4	40,4	34,9	-42,2	37,5	$B_0$	
				40,4	-0,1		0,1			
				40,4	-5,4		-4,8			
	$R_k$		X	11,3	11,3	6,3	42,4	37,7	$R_k$	0,05
				11,4	0,4		0,1		$S$	0,13
				11,3	-5,4		-4,8		$S'$	0,11
	$D_2$	$\odot^2$	X	24,2	24,1	18,9	42,2	37,5	$D_2$	0,15
				23,9	0,2		0,1		$Q$	0,26
14,14			X	24,3	-5,4		-4,8		$A_k$	0,19
Атмосферные явления										
Примечания										

Пример записи и обработки наблюдений при исследовании альбеда различных поверхностей

Число 5.8				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота Солнца					
Облачность 6-4 Ci, Cs, Ac						$\tau_m$	11,18	$h_{\odot}$	46,3		
Цвет неба и видимость 7				Влажность воздуха		$\tau_{\odot}$	11,12	$\sin h_{\odot}$	0,723		
						$\tau_{\odot}$	17,1				
Состояние деятельной поверхности трава зеленая, сухая, редкая, низкая				Место нуля приборов							
				Актинометра		Балансомера		Альбедометра 5,2			
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска Солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{ср}$ $\Delta N$ $N_0$	$N_{испр}$ $U_{испр}$ $\Phi_{испр}$ $N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кВт/м <sup>2</sup>		
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta N, N_0$	$N_{испр}$			
	$D_1$								$D_1$		
	$B$										
	$B - S''$								$B - S''$		
									$S$		
									$S$		
									$B$		
11,15	Q	$\odot^2$		83,2	83,5	78,1			$B_0$		
				83,7	-0,2						
				83,4	-5,2						
	$R_k$	$\odot^2$		22,1	22,3	17,4			$R_k$ 0,31		
				22,6	0,3				$S$		
				22,2	-5,2				$S$		
11,22	$D_2$	$\odot^2$		83,1					$D_2$		
				83,5					Q 1,40		
				83,9					$A_k$ 0,22		
Атмосферные явления											
Примечания											

Пример записи и обработки наблюдений в работе № 17

Число 30.6				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота Солнца					
Облачность 3-0 Cs, в «Z» ясно				26,4	21,8	$\tau_m$	9,41	$h_{\odot}$	54,8		
Цвет неба и видимость Голубое, 8				Влажность воздуха		$\tau_{\odot}$	9,38	$\sin h_{\odot}$	0,817		
						$\tau_{\odot}$	23,2				
Состояние деятельной поверхности Оголен. почва сухая				Место нуля приборов							
				Актинометра 4,9		Балансомера 5,1		Альбедометра			
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска Солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{ср}$ $\Delta N$ $N_0$	$N_{испр}$ $U_{испр}$ $\Phi_{испр}$ $N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кВт/м <sup>2</sup>		
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta N, N_0$	$N_{испр}$			
	$D_1$								$D_1$		
	$B$										
9,37	$B$	$\odot^2$	2	74,7	74,4	69,0	36,2	31,7			
	$вн.100$		3	74,3	-0,3	2	0,4				
			2	74,2	-5,1	1,04	-4,9				
						71,8					
	$B - S''$	$\odot^2$	3	16,2	16,3	11,4	36,4	31,9	$B - S''$ -0,07		
	$вн.100$		3	16,5	0,2	3	0,4		$S$ 0,62		
	-		3	16,3	-5,1	1,07	-4,9		$S$ 0,50		
9,45	Q					12,2			$B$ 0,43		
									$B_0$		
	$R_k$								$R_k$		
									$S$		
									$S$		
	$D_2$								$D_2$		
									Q		
									$A_k$		
Атмосферные явления											
Примечания											

Пример записи и обработки наблюдений в работе № 18

Число 3.7				Температура поверхности почвы	Температура воздуха	Время, склонение, высота Солнца				
Облачность 2-0 Ас, в «з» ясно				29,7	19,3	$\tau_m$	12,34	$h_\odot$	53,8	
Цвет неба и видимость Голубое, 7				Влажность воздуха	-0,1	$\tau_\odot$	12,30	$\sin h_\odot$	0,802	
					19,2	$\tau_\odot$	23,0			
Состояние деятельной поверхности Трава зеленая, сухая				Место нуля приборов						
				Актинометра 4,8	Балансомера 5,0	Альбедометра 5,1				
Время	Вид радиации клеммы	Состояние диска солнца	Альбедометр и балансомер		$N_{ср}$ $\Delta N$ $N_0$	$N_{испр}$ $U_{испр}$ $\Phi_{испр}$ $N_{ш}$	Актинометр		Радиация в кВт/м <sup>2</sup>	
			Скорость ветра	Отсчет гальванометра			Отсчет гальванометра $\Delta N, N_0$	$N_{испр}$		
12,26	$D_1$	$\odot^2$	X	21,7	21,8	16,6	66,2	61,7	$D_1$	0,13
				21,9	-0,1		0,3			
				21,9	-5,1		-4,8			
	$B$	$\odot^2$	3	74,5	75,1	70,2	65,9	61,4		
	+		3	74,9	0,1	3	0,3			
			4	75,9	-5,0	1,18	-4,8			
						82,8				
	$B-S''$	$\odot^2$	4	28,8	28,4	23,1	65,6	61,1	$B-S''$	-0,14
	-		4	28,0	-0,3	4	0,3		$S$	0,69
			4	28,3	-5,0	1,19	-4,8		$S'$	0,55
						27,5			$B$	0,41
	$Q$	$\odot^2$	X	89,8	89,8	84,8	66,0	61,5	$B_0$	-0,12
				89,9	0,1		0,3			
				89,8	-5,1		-4,8			
	$R_k$	$\odot^2$	X	26,3	26,4	21,2	66,4	61,9	$R_k$	0,17
				26,4	-0,1		0,3		$S$	0,70
				26,4	-5,1		-4,8		$S'$	0,56
	$D_2$	$\odot^2$	X	22,1	22,1	16,9	66,1	61,6	$D_2$	0,14
				22,1	-0,1		0,3		$Q$	0,70
12,42			X	22,0	-5,1		-4,8		$A_k$	0,24
Атмосферные явления										
Примечания										

Запись результатов поверки актинометра

Дата: 24/VIII 1966 г. Облачность 0/0,  $\odot^2$ , голубое, 86

Время поверки	Контрольный актинометр $K_a = 0,0181$		Поверяемый актинометр		
	$N_0, t_2$	$N$	$N_0, t_2$	$N$	
11ч 45мин декретное	4,9	68,0	5,0	72,5	
	26,0	68,2	26,1	72,8	
		68,2		72,7	
		68,5		72,7	
		68,2		72,5	
		68,3		72,7	
		68,2		72,4	
		68,2		72,2	
		4,9	68,2	5,0	72,0
		26,6	68,2	26,0	72,0
11ч 49мин	4,9		5,0		
	26,3	68,2	26,2	72,4	
	$N_{ср}$	0,0		0,0	
	$\Delta N$	-4,9		-5,0	
	$N_0$	63,3		67,4	
	$N_{испр}$				

$$S = 0,0181 * 63,3 = 1,146 \text{ кал/см}^2 \text{ мин};$$

$$K = 1,146 / 67,4 = 0,0171 \text{ кал/см}^2 \text{ мин при } t_r = 26,2^\circ\text{C};$$

$$K_{20} = 0,0170 + 2,8 (20 - 26,2) * 10^{-5} = 0,0170 - 0,00017 = 0,01683$$

$$\text{при } \Delta K = 2,8 * 10^{-5} \text{ кал/см}^2 \text{ мин град.}$$

Приложение 19

Таблицы для расчета потока тепла в почве и коэффициента температуропроводности

Таблица 1

Результаты наблюдений над температурой почвы										
Сроки	Отсчеты и поправки					Исправленные значения				
	$t_0$	$t_5$	$t_{10}$	$t_{15}$	$t_{20}$	$t_0$	$t_5$	$t_{10}$	$t_{15}$	$t_{20}$
09 ч										
10 ч										
11 ч										
12 ч										
13 ч										
14 ч										

Таблица 2

Расчет средних потоков тепла в почве

Температура в сроки	Глубины, см				
	0	5	10	15	20
$t_{09}$					
$\Delta t_i = t_{09} - t_{08}$					
$r_i \Delta t_i$					
09 ч	$S_1 =$		$P_{09} =$		
$t_{10}$					
$\Delta t_i = t_{10} - t_{09}$					
$r_i \Delta t_i$					
10 ч	$S_1 =$		$P_{10} =$		
$t_{11}$					
$\Delta t_i = t_{11} - t_{10}$					
$r_i \Delta t_i$					
11 ч	$S_1 =$		$P_{11} =$		
$t_{12}$					
$\Delta t_i = t_{12} - t_{11}$					
$r_i \Delta t_i$					
12 ч	$S_1 =$		$P_{12} =$		
$t_{13}$					
$\Delta t_i = t_{13} - t_{12}$					
$r_i \Delta t_i$					
13 ч	$S_1 =$		$P_{13} =$		
Суммы потока: $\sum_{9-13} P =$					

Приложение 22

Пример записи и обработки наблюдений в работе № 13

Месяц	06					11, 12					
Число	29					13, 14					
Срок	143					15-17					
$P_a$	1017,6					Велич. шифр	—				
Облачность (количество)	Общая					8	18, 19				
	Нижняя					3	20, 21				
Диск Солнца	☉ <sup>2</sup>	☉ <sup>2</sup>	☉ <sup>2</sup>	П	☉ <sup>2</sup>	8	22				
Температура воздуха, град., на высотах, м	0,5	отсчеты	сух.	19,6	19,8	19,9	19,6	19,5	—	—	
			см.	14,1	13,9	14,3	13,7	14,0	—	—	
		средн.	сухой	19,7		попр.	-0,1		испр.	19,6	—
			смочен.	14,0			-0,2			13,8	—
	2,0	отсчеты	сух.	19,4	19,3	19,4	19,5	19,4	—	—	
			см.	13,3	13,2	13,4	13,5	13,6	—	—	
		средн.	сухой	19,4		попр.	0,0		испр.	19,4	23 – 25
			смочен.	13,4			0,1			13,5	—
	$\Delta t$	—					0,2	26 – 27			
	Упругость водяного пара, мб	0,5	—					11,9	—		
2,0		—					11,5	28 – 30			
$\Delta e$	—					0,4	31, 32				
Направление ветра	ЮЗ					22	33 – 34				
Скорость ветра на высотах, м	0,5	Отсчеты по анемомом.	760	25	Разность	735	дел / сек	1,2	1,4	—	
	2,0		1140	16		1124		1,9	2,2	35 – 37	
$\Delta U$	—					0,8	38, 39				
Атмосферные явления	= 0					= 3	40				
W	Дождь					6	41				
Температура почвы, град.	поверхность	отсчет	25,2	25,3	25,3	25,3	—	—			
		попр.	0,1	0,1	0,1	0,1	—	—			
		испр.	25,3	25,7	25,4	25,4	—	42 – 44			
	Глубина, см	отсчеты	5	24,0		поправка	0,0		исправл.	24,0	45 – 47
			10	21,0			0,1			21,1	48 – 50
			15	20,5			0,1			20,6	51 – 53
			20	18,6			0,0			18,6	54 – 56
	$E_1$	Зеленая трава влажная					V	57, 58			
	$E_2$	—					—	59 – 80			
	Примечания	Зеленая трава влажная					—	—			
Подпись наблюдателя	Полехин					—	—				

Приложение 7

Поправки  $\Delta(\rho)$  для приведения интенсивности солнечной радиации к среднему расстоянию между Землей и Солнцем (кВт/м<sup>2</sup>)

Дата	S	$\Delta(\rho)$	S	$\Delta(\rho)$	S	$\Delta(\rho)$	S	$\Delta(\rho)$	
1.I – 13.II	0,12 – 0,34	-0,01	0,35 – 0,58	-0,01	0,59 – 0,81	-0,02	0,82 – 1,05	-0,02	
14.II – 7.III	< 0,18	0,00	0,18 – 0,51	-0,01	0,52 – 0,87	-0,01	> 0,87	-0,01	
8.III – 25.III	< 0,36	0,00	0,36 – 1,04	-0,01	> 1,04	-0,01	-	-0,01	
26.III – 11.IV	$\Delta(\rho) = 0,00$ при любых S							-	-
12.IV – 30.IV	< 0,36	0,00	0,36 – 1,04	0,01	> 1,04	0,01	-	0,01	
1.V – 21.V	< 0,18	0,00	0,18 – 0,51	0,01	0,52 – 0,87	0,01	> 0,87	0,01	
22.V – 16.VIII	0,12 – 0,34	0,01	0,35 – 0,58	0,01	0,59 – 0,81	0,02	0,82 – 1,05	0,02	
17.VIII – 7.IX	< 0,18	0,00	0,18 – 0,51	0,01	0,52 – 0,87	0,02	-	0,02	
8.IX – 25.IX	< 0,36	0,00	0,36 – 1,04	0,01	> 1,04	0,01	179	0,01	
26.IX – 13.X	$\Delta(\rho) = 0,00$ при любых S							-	-
14.X – 31.X	< 0,36	0,00	0,36 – 1,04	-0,01	> 1,04	-0,01	-	-0,01	
1.XI – 22.XI	< 0,18	0,00	0,18 – 0,51	-0,01	0,52 – 0,87	-0,01	> 0,87	-0,01	
23.XI – 31.XII	0,12 – 0,34	-0,01	0,35 – 0,58	-0,01	0,59 – 0,81	-0,02	0,82 – 1,05	-0,02	

178

Приложение 8

Сокращенная таблица для приведения  $S_p$  (кВт/м<sup>2</sup>) к  $h_o = 30^\circ$

Высота Солнца															
32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°	52°	54°	56°	58°		
0,51	0,53	0,54	0,57	0,58	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,66	0,67	0,68	0,69		
0,53	0,55	0,57	0,59	0,60	0,61	0,64	0,65	0,66	0,68	0,68	0,69	0,70	0,71		
0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67	0,68	0,70	0,70	0,71	0,73	0,73		
0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,75	0,75		
0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,77		
0,61	0,64	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79		
0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,80		
0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82		
0,68	0,70	0,71	0,73	0,75	0,76	0,77	0,78	0,80	0,80	0,81	0,82	0,82	0,83		
0,70	0,71	0,73	0,75	0,76	0,77	0,79	0,80	0,80	0,82	0,82	0,83	0,84	0,84		
0,72	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86		
0,74	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87	0,87		
0,76	0,77	0,79	0,80	0,82	0,82	0,84	0,84	0,85	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89		
0,78	0,79	0,83	0,84	0,86	0,87	0,87	0,89	0,89	0,90	0,89	0,89	0,90	0,91		
0,80	0,84	0,85	0,87	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,93		
0,82	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94		
0,84	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96		
0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,96	0,96	0,97	0,96	0,97	0,98	0,98		
0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98		
0,90	0,94	0,94	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	1,01		
0,92	0,96	0,96	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02		
0,94	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03		

Продолжение приложения 8

0,96	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,03	1,04	1,04	1,05		
0,98	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,05	1,05	1,05	1,06		
1,01	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,08		
1,03	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,08	1,09	1,09	1,10		
1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,12	1,10	1,11	1,11	1,12		
1,07	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,14	1,12	1,13	1,13	1,14		
1,09	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,14	1,14	1,14	1,15		
1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,17		

180

Приложение 16

Запись результатов поверки пиранометра на горизонтальную поверхность  
Дата: 20/VI 1995 г. Облачность: ☉<sup>2</sup>, 1/1 Си, бледно-голубое, 86

Приложение 17

Запись результатов поверки балансомера на горизонтальную поверхность  
Дата: 12/VII 1996 г. Облачность ☉<sup>2</sup> 2/2 Си, бледно-голубое, 86

Склонение, время	$h_{\odot}$	$\sin h_{\odot}$	Контрольный актинометр, $K_a = 0,0170$						Поверяемый пиранометр								Контрольный термоэлектрический актинометр, $a_t=0,0165$				Анемометр		Поверяемый балансомер					
			$N_0, t_{\Sigma}$	$\Delta N, N_0$	$N_{испр}$	$S'$	$N_0, t_{\Sigma}$	Отсчет с тенью и без тени	$\Delta N$	$N_{испр}$	Среднее из двух отсчетов	Разность отсчетов «солнце-тень»	$K_n$	Склонение, время	$K_n$	$\sin h_{\odot}$	$N_0, t_{\Sigma}$	$N_{ср}, \Delta N, N_0$	$N_{испр}$	$S'$	Скорость ветра	Средняя скорость ветра	$N_0, t_{\Sigma}$	$N_{ср}, \Delta N, N_0$	$N_{испр}$	$\Phi_U$	О	
$\delta_{\odot} = 23,4^{\circ}$ $\tau_{\odot}$			5,0 19,8					5,0 19,6	10,5 0,0	0,0	10,5				$\delta_{\odot} = 22,0$ 0,023	5,2 21,8				4		4,7 21,4	-12,2 -15,8	-13,9 0,0				
10:30	50,4	0,771	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,925	10,5	0,0	10,5	10,5	40,0	0,023	0,98						3	3		-13,8	-4,7	44,1	43,1		
10:32	50,5	0,772	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,925	10,5	0,0	10,5	10,4	40,2	0,0230	0,98	78,3	78,3				5			44,1	43,1				
10:34	50,6	0,773	75,5	-5,0	70,5	1,198	0,926	10,3	0,0	10,3	10,4	40	0,023	0,98	78,3	-0,9	72,2	1,191	0,973	6	5		42,6	0,0	38,4	1,09		
10:36	50,7	0,774	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,928	10,4	0,0	10,4	10,4	40	0,023	0,98	78,3	-5,2				4	4		42,6	-4,7				
10:38	50,8	0,775	75,5	-5,0	70,5	1,198	0,928	10,4	0,0	10,4	10,4	40	0,023	0,98	78,3	78,4				4	4		-13,6	-14,0				
10:40	51,0	0,777	75,5	-5,0	70,5	1,198	0,931	10,4	0,0	10,4	10,4	40,4	0,0230	0,98	78,5	-0,9	72,3	1,191	0,983	3	4		-14,6	0,0	-9,3	1,08		
10:42	51,3	0,780	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,936	10,4	0,0	10,4	10,4	40,5	0,0230	0,98	78,4	-5,2				4			39,5	39,0				
10:44	51,6	0,784	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,940	10,4	0,0	10,4	10,4	40,5	0,0231	0,98	77,2	77,0	70,8	1,169	0,972	5	6		38,5	0,0	34,3	1,08		
10:46	51,8	0,786	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,942	10,4	0,0	10,4	10,4	40,6	0,0231	0,98	76,9	-1,0				4			39,0	-4,7				
10:48	52,0	0,788	75,6	-5,0	70,6	1,200	0,946	10,4	0,0	10,4	10,4	40,6	0,0231	0,98	77,0	-5,2				4	4		-13,7	-13,7				
			20,2 5,0					19,9 5,0	51,5 0,0	51,5 0,0	10,4	41,1	0,0230	0,98	76,5	76,3				5			-13,7	0,0	-9,0	1,08		
									10,5	0,0	10,5				76,3	-1,0	70,1	1,158	0,970	4	4		-13,7	-4,7				
													Среднее $K_n = 0,0235$										40,2	40,4				
																							40,5	0,0	35,7	1,08		

187

Продолжение приложения 17

10,49	0,839		76,2	-5,2																4			40,5	-4,7			
																					4		-12,7	-13,5			
																					3	4	-14,5	0,0	-8,7	1,08	
																					4		-13,3	-4,7			
11,01			75,1	75,2																	4		40,5	41,0			
-6			75,3	-1,0	69,0	1,139	0,690														4	4	41,5	0,0	36,3	1,08	
10,55	0,843		75,3	-5,2																	3		41,0	-4,7			
																					5		21,8	-11,2	-11,4		
																					5	5	4,7	-11,5	0,0	-6,7	1,08
																					5		-11,5	-4,7			

189

Приложение 18

Произведения  $r_i \cdot \Delta t_i$  при разных  $\Delta t_i$  от 0,1 до 10,0°C

$\Delta t_i$	Коэффициенты $r_i$					$\Delta t_i$	Коэффициенты $r_i$					$\Delta t_i$	Коэффициенты $r_i$							
	$r_0 = 1,64$	$r_5 = 6,66$	$r_{10} = 3,50$	$r_{15} = 3,12$	$r_{20} = 0,08$		$r_0 = 1,64$	$r_5 = 6,66$	$r_{10} = 3,50$	$r_{15} = 3,12$	$r_{20} = 0,08$		$r_0 = 1,64$	$r_5 = 6,66$	$r_{10} = 3,50$	$r_{15} = 3,12$	$r_{20} = 0,08$			
0,1	0,16	0,67	0,35	0,31	0,01	2,6	4,26	17,32	9,10	8,11	6,2	10,17	41,29	21,70	19,34	0,50	8,7	14,27	57,94	3
0,2	0,33	1,33	0,70	0,62	0,02	2,7	4,43	17,98	9,45	8,42	6,3	10,33	41,96	22,05	19,66	0,50	8,8	14,43	58,61	3
0,3	0,49	2,00	1,05	0,94	0,02	2,8	4,59	18,65	9,80	8,74	6,4	10,50	42,62	22,40	19,97	0,51	8,9	14,60	59,27	3
0,4	0,66	2,66	1,40	1,25	0,03	2,9	4,76	19,31	10,15	9,05	6,5	10,66	43,29	22,75	20,28	0,52	9,0	14,76	59,94	3
0,5	0,82	3,33	1,75	1,56	0,04	3,0	4,92	19,98	10,50	9,36	6,6	10,82	43,96	23,10	20,59	0,53	9,1	14,92	60,61	3
0,6	0,98	4,00	2,10	1,87	0,05	3,1	5,08	20,65	10,85	9,67	6,7	10,99	44,62	23,45	20,90	0,54	9,2	15,09	61,27	3
0,7	1,15	4,66	2,45	2,18	0,06	3,2	5,25	21,31	11,20	9,98	6,8	11,15	45,29	23,80	21,22	0,54	9,3	15,25	61,94	3
0,8	1,31	5,33	2,80	2,50	0,06	3,3	5,41	21,98	11,55	10,30	6,9	11,32	45,95	24,15	21,53	0,55	9,4	15,42	62,60	3
0,9	1,48	5,99	3,15	2,81	0,07	3,4	5,58	22,64	11,90	10,61	7,0	11,48	46,62	24,50	21,84	0,56	9,5	15,58	63,27	3
1,0	1,64	6,66	3,50	3,12	0,08	3,5	5,74	23,31	12,25	10,92	7,1	11,64	47,29	24,85	22,15	0,57	9,6	15,74	63,94	3
1,1	1,80	7,33	3,85	3,43	0,09	3,6	5,90	23,98	12,60	11,23	7,2	11,81	47,95	25,20	22,46	0,58	9,7	15,91	64,60	3
1,2	1,97	7,99	4,20	3,74	0,10	3,7	6,07	24,64	12,95	11,54	7,3	11,97	48,62	25,55	22,78	0,58	9,8	16,07	65,27	3
1,3	2,13	8,66	4,55	4,06	0,10	3,8	6,23	25,31	13,30	11,86	7,4	12,14	49,28	25,90	23,09	0,59	9,9	16,24	65,93	3
1,4	2,30	9,32	4,90	4,37	0,11	3,9	6,40	25,97	13,65	12,17	7,5	12,30	49,95	26,25	23,40	0,60	10,0	16,40	66,60	3
1,5	2,46	9,99	5,25	4,68	0,12	4,0	6,56	26,64	14,00	12,48	0,29									
1,6	2,62	10,66	5,60	4,99	0,13	4,1	6,72	27,31	14,35	12,79	0,30									
1,7	2,79	11,32	5,95	5,30	0,14	4,2	6,89	27,97	14,70	13,10	0,31									
1,8	2,95	11,99	6,30	5,62	0,14	4,3	7,05	28,64	15,05	13,42	0,32									
1,9	3,12	12,65	6,65	5,93	0,15	4,4	7,22	29,30	15,40	13,73	0,33									
2,0	3,28	13,32	7,00	6,24	0,16	4,5	7,38	29,97	15,75	14,04	0,34									
2,1	3,44	13,99	7,35	6,55	0,17	4,6	7,54	30,64	16,10	14,35	0,35									
2,2	3,61	14,65	7,70	6,86	0,18	4,7	7,71	31,30	16,45	14,66	0,36									
2,3	3,77	15,32	8,05	7,18	0,18	4,8	7,87	31,97	16,80	14,98	0,37									
2,4	3,94	15,98	8,40	7,49	0,19	4,9	8,04	32,63	17,15	15,29	0,38									
2,5	4,10	16,65	8,75	7,80	0,20	5,0	8,20	33,30	17,50	15,60	0,38									

Продолжение приложения 18

$\Delta t_i$	Коэффициенты $r_i$					$\Delta t_i$	Коэффициенты $r_i$				
	$r_0 = 1,64$	$r_5 = 6,66$	$r_{10} = 3,50$	$r_{15} = 3,12$	$r_{20} = 0,08$		$r_0 = 1,64$	$r_5 = 6,66$	$r_{10} = 3,50$	$r_{15} = 3,12$	$r_{20} = 0,08$
5,1	8,36	33,97	17,85	15,91	0,41	7,6	12,46	50,62	26,60	23,71	0,61
5,2	8,53	34,63	18,20	16,22	0,42	7,7	12,63	51,28	26,95	24,02	0,62
5,3	8,69	35,30	18,55	16,54	0,42	7,8	12,79	51,95	27,30	24,34	0,62
5,4	8,86	35,96	18,90	16,85	0,43	7,9	12,96	52,61	27,65	24,65	0,63
5,5	9,02	36,63	19,25	17,16	0,44	8,0	13,12	53,28	28,00	24,96	0,64
5,6	9,18	37,30	19,60	17,47	0,45	8,1	13,28	53,95	28,35	25,27	0,65
5,7	9,35	37,96	19,95	17,78	0,46	8,2	13,45	54,61	28,70	25,58	0,66
5,8	9,51	38,63	20,30	18,10	0,46	8,3	13,61	55,28	29,05	25,90	0,66
5,9	9,68	39,29	20,65	18,41	0,47	8,4	13,78	55,94	29,40	26,21	0,67
6,0	9,84	39,96	21,00	18,72	0,48	8,5	13,94	56,61	29,75	26,52	0,68
6,1	10,00	40,63	21,35	19,03	0,49	8,6	14,10	57,28	30,10	26,83	0,69



## ЛИТЕРАТУРА

---

### Основная

1. *Бройдо А.Г.* Руководство к учебной практике по метеорологии. – Л.: Ленинградский гидрометеорологический институт, 1971. – 163 с.
2. *Кедроливанский В.Н., Стернзат М.С.* Метеорологические приборы. Измерение метеорологических элементов. – Л.: Гидрометеоздат, 1953. – 544 с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. 1. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 304 с.
4. *Подрезов О.А.* Основы геофизики. Часть 1. Основные сведения о планете Земля / Кыргызско-Российский Славянский университет. – Бишкек, 1995. – 68 с.
5. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 220 с.
6. Руководство по теплобалансовым наблюдениям. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 151 с.
7. *Стернзат М.С.* Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 392 с.
8. *Фатеев Н.П.* Поверка метеорологических приборов. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 312 с.
9. *Янишевский Ю.Д.* Актинометрические приборы и методы их наблюдений. – Л.: Гидрометеоздат, 1957. – 416 с.

### Дополнительная

1. Атлас облаков. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 268 с.
2. *Качурин Л.Г.* Руководство к лабораторным работам по метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1955. – 424 с.
3. Код для передачи данных гидрометеорологических наблюдений с наземных и морских наблюдательных станций КН-01 (международная форма FM 1-VII SYNOP и FM 13-VII SHIP). – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 72 с.

4. Методические указания по приведению атмосферного давления к уровню моря и вычислению высот изобарических поверхностей на метеорологических станциях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 48 с.
5. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 372 с.

**А.О. Подрезов, О.М. Стрижанцева, Н.С. Ким**

**ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ**

*Часть 1*

Методы и средства  
метеорологических наблюдений

Редактор И.С. Волоскова  
Технический редактор О.А. Матвеева  
Корректор Е.И. Полихова  
Компьютерная верстка Д.Р. Зайнулиной

Подписано в печать 26.01.2004. Формат 80x64 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать офсетная. Объем 12,5 п.л.  
Тираж 50 экз. Заказ 347.

Издательство Кыргызско-Российского  
Славянского университета  
720000, Бишкек, Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ  
720000, Бишкек, Шопокова, 68.