

06
T 78

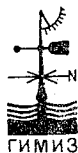
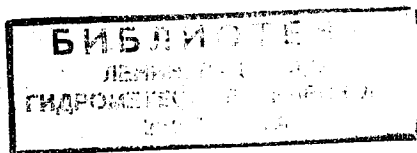
ТРОБЕРЕН
ТРОБЕРЕН

Т Р У Д Ы
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ
имени А. И. Воейкова

ВЫПУСК 34 (96)

МЕТОДИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Под редакцией
канд. географ. наук
Н. П. РУСИНА



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1952

АННОТАЦИЯ

В выпуск включены работы по методике метеорологических наблюдений и по обработке материалов наблюдений, в том числе статьи, посвященные методике наблюдений над тепловым балансом на гидрометеорологических станциях, результатам сравнительных наблюдений при помощи дождемера и осадкомера, проводимых на сети, рационализации методов наблюдений над влажностью воздуха на горных станциях и вопросам оборудования метеорологических площадок.

Выводы, полученные по каждой статье, имеют значение для практики в местных УГМС и сети гидрометеорологических станций.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Предисловие	4
Н. П. Русин. Методика наблюдений над тепловым балансом подстилающей поверхности на гидрометеорологических станциях	5
В. Д. Третьяков. Измерение атмосферных осадков	30
В. Г. Волох. Сравнение результатов показаний дождемера и осадкомера Третьякова по материалам сети станций	41
Е. И. Абрамова. О допусках, принятых при обработке наблюдений над осадками, высотой снежного покрова и облачностью	58
И. Е. Воробьев. К методике наблюдений над влажностью и температурой воздуха на высокогорных станциях	69
И. Н. Нечаев и В. Н. Сварчевский. Металлические конструкции для установки приборов на метеорологических станциях	77
М. С. Пенкевич. О погрешности магнитных вариационных измерений и о методе их обработки	85

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник Трудов Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова включает статьи, рассматривающие разработку и усовершенствование существующих метеорологических приборов, методов метеорологических наблюдений и методов обработки материалов этих наблюдений применительно к задачам сети гидрометеорологических станций, а также методов обработки записей магнитных вариационных самописцев в магнитных обсерваториях.

В работе Н. П. Русина на основании анализа существующих методов наблюдений над тепловым балансом рассмотрена методика наблюдений над составляющими теплового баланса для гидрометеорологических станций.

В работе В. Д. Третьякова разбираются различные типы защит к дождемерам и обосновывается рациональность планочной защиты.

В работе В. Г. Волох рассмотрены материалы сравнительных наблюдений по дождемеру и осадкомеру Третьякова. Найдены коэффициенты для пересчета количества осадков, измеренных дождемерами за старые годы.

В работе Е. И. Абрамовой уточняются допуски, применяемые при обработке наблюдений над осадками, снежным покровом и облачностью, что повышает качество первичной обработки материалов этих наблюдений.

В работе И. Е. Воробьева изложены результаты наблюдений над влажностью воздуха на горных станциях и даны рекомендации по улучшению существующих методов наблюдения.

В работе И. Н. Нечаева и В. Н. Сварчевского изложены результаты разработки металлических конструкций для оборудования метеорологических площадок.

В статье М. С. Пенкевич рассматривается методика обработки записей магнитных вариационных самописцев, указано несоответствие между точностью обработки и точностью получаемых после обработки значений и предложены рекомендации для упрощения методики обработки без ущерба для точности окончательного результата.

МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ НАД ТЕПЛОВЫМ БАЛАНСОМ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА И ОЦЕНКА ИХ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИМЕНИМОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОМЕТСТАНЦИЙ

Усовершенствование существующих и развитие новых методов прогноза погоды обуславливают необходимость дополнения существующего комплекса метеорологических наблюдений на станциях данными наблюдений над тепловым балансом подстилающей поверхности.

Эти же данные являются совершенно необходимыми для выполнения теоретических и экспериментальных работ, направленных на обеспечение сталинского плана преобразования природы, и прежде всего работ по прогнозу изменения гидрометеорологического режима сельскохозяйственных полей, прогнозу изменения климата, расчету испарения с почвы и водоемов и т. д.

Как известно, уравнение теплового баланса подстилающей поверхности имеет следующий вид:

$$S = B + L + V,$$

где S — радиационный баланс подстилающей поверхности; B — теплообмен в почве; L — теплообмен почвы с воздухом; V — тепло, затрачиваемое на испарение или получаемое при конденсации.

Методика наблюдений за тепловым балансом в сетевых условиях должна сводиться к измерению каждой из составляющих уравнения, а затем к алгебраическому их суммированию. Однако в настоящее время из всех четырех составляющих уравнения теплового баланса непосредственно измерить можно только составляющую радиационного баланса. Простых и надежных методов непосредственного измерения остальных трех составляющих до настоящего времени не разработано.

Теоретические исследования, проведенные в нашей стране за последние годы, и прежде всего исследования, выполненные в Главной геофизической обсерватории, позволяют решить вопрос о выборе расчетных методов определения этих составляющих в условиях гидрометеорологической сети.

Прежде чем перейти к их разбору, остановимся кратко на существующих методах измерения лучистого баланса в условиях гидрометсети.

Величина лучистого баланса выражается следующим уравнением:

$$S = J + D - R - E, \quad (2)$$

где $J + D = Q$ — суммарная радиация (прямая и рассеянная); R — отраженная радиация; E — эффективное излучение.

Лучистый баланс можно определить двумя способами: а) измерив суммарную радиацию ($J + D$), альбедо (R) и эффективное излучение (E), найти их алгебраическую сумму; б) непосредственно измерив величину радиационного баланса.

В первом случае наиболее правильным методом определения суммарной радиации является метод непосредственного измерения прямой и рассеянной радиации с помощью термоэлектрического актинометра Савинова — Янишевского и пиранометра Янишевского. Можно также получить суммарную радиацию и с помощью одного пиранометра.

Оба указанных выше прибора и методы измерения прямой и рассеянной радиации описаны в работах [1] и [2].

Отраженная радиация измеряется с помощью альбедометра или пиранометра, повернутого приемной поверхностью вниз. Метод определения альбеда также изложен в работе [2].

Эффективное излучение в темное время суток определяется с помощью эффективного пиранометра (пиргеометра) при положении его приемной поверхностью вверх и вниз.

В дневное время эффективное излучение определяется расчетным путем на основании следующей формулы:

$$E = Q - R - S, \quad (3)$$

где Q — суммарная радиация, R — отраженная радиация, S — радиационный баланс.

Следует заметить, что как при измерении отраженной радиации альбедометром, так и во время наблюдения по эффективному пиранометру (пиргеометру), должны вестись параллельные наблюдения над прямой радиацией. Данные актинометра и эффективного пиранометра могут быть использованы также в качестве контроля над величиной лучистого баланса, вычисленной по отдельным составляющим. Таким образом, методически наиболее правильно наблюдения производить по сериям в следующем порядке:

Серия 1. Актинометр, пиранометр при положении вверх, эффективный пиранометр при положении вверх.

Серия 2. Актинометр, пиранометр при положении вниз, эффективный пиранометр при положении вниз.

Во втором случае непосредственное измерение радиационного баланса можно производить с помощью балансомера, описание которого дано в работе [3], или эффективного пиранометра (пиргеометра).

Наблюдения над лучистым балансом первым способом могут быть поставлены на станциях обсерваторского типа, где может быть осуществлена непрерывная регистрация составляющих лучистого баланса вследствие наличия необходимых приборов.

Наблюдения над лучистым балансом вторым способом могут быть поставлены на большом числе станций.

Методы определения теплообмена в почве

Тепловой поток в почве рассчитывается, как известно, с помощью уравнения

$$B = -\lambda \frac{\partial t}{\partial z}. \quad (4)$$

Коэффициент теплопроводности λ практически целесообразно заменить равным ему произведением объемной теплоемкости c на температуропроводность a , т. е. $\lambda = ca$. Таким образом, определение теплообмена в почве сводится к определению термических характеристик почвы и величины температурного градиента.

Для практического использования имеется ряд формул, позволяющих определять величину теплового потока с различной степенью точности, из которых наиболее часто используются:

а) приближенная формула

$$B = -ca \frac{T_2 - T_1}{z_2 - z_1}, \quad (5)$$

где $T_2 - T_1$ — средняя разность температур на глубине z_2 и z_1 за время τ ;

б) точная формула, полученная Д. Л. Лайхтманом в работе [4].⁵

$$B = \frac{ca}{H} \int_{\tau_1}^{\tau_2} [T(t, 0) - T(t, H)] dt - \frac{1}{2} \frac{C}{H} \int_{z=0}^{z=H} [T(\tau_2 z) - T(\tau_1 z)] d(z-H), \quad (6)$$

где H — заданная глубина, $T(\tau_0)$ — распределение температуры почвы на поверхности или на некоторой глубине, условно принимаемой за нуль, $T(t, H)$ — распределение температуры на глубине, $T(\tau_2, z)$; $T(\tau_1, z)$ — распределение температуры по глубинам в момент времени τ_1 и τ_2 .

При замене интегралов соответствующими площадями S_1 и S_2 формула (6) будет иметь вид

$$B = \frac{C}{2H} (2as_1 - s_2). \quad (7)$$

С помощью формулы (7) можно получить поток тепла за некоторый интервал времени от $\tau = 0$ до $\tau = t$.

Для определения потока тепла в любой момент времени в работах [4 и 21] приведены другие формулы. Однако наиболее удобной и достаточно точной для практических целей является формула (6).

Существующие полевые методы для определения термических характеристик почвы изложены в работах [5]⁶ и [6]⁷. Однако эти методы в условиях гидрометсети или неприменимы, или ограниченно применимы.

Объемная теплоемкость почвы находится по объемному весу почвы с ненарушенной структурой, влагосодержанию почвы (в граммах) и удельной теплоемкости твердых частиц (по таблицам). Определение объемного веса и влагосодержания почвы на гидрометстанциях изложено в работе [7], а определение объемной теплоемкости — в работе [21]. Коэффициент температуропроводности в настоящее время проще всего определяется аналитическим путем. В зависимости от требуемой точности для этого используется один из трех методов.

Первый метод основан на предположении, что на поверхности почвы в течение суток или года температура имеет синусоидальный ход. При неизменном коэффициенте температуропроводности такой же ход температуры, но смещенный по фазе и имеющий меньшую амплитуду, сохраняется и на глубинах. Согласно этому методу величина коэффициента температуропроводности определяется по измерению суточного или годового максимума и минимума температуры почвы на двух произвольных глубинах, т. е.

$$a = \frac{0,43 (z_1 - z_2)^2}{[\lg A_1 - \lg A_2]} \tau, \quad (8)$$

где z_1 и z_2 — глубины в см, на которых измеряются температуры почвы; A_1 и A_2 — соответствующие амплитуды температуры, τ — множитель, равный $0,36 \cdot 10^{-4}$.

Этот метод достаточно прост, так как не требует постановки на станциях дополнительных наблюдений, но является приближенным и может быть ограниченно использован для слоя почвы 5—20 см в теплое время года.

Второй, более точный метод определения коэффициента температуропроводности, предложенный М. А. Кочановым и А. Ф. Чудновским [8], исходит из более близкого к действительному распределения температуры в почве.

Решая уравнение теплопроводности в виде ряда Фурье с обрывом его на второй гармонике, авторы получили значение a в следующем виде:

$$a = \frac{\pi (z_1 - z_2)^2}{\tau (\arctg \theta)}, \quad (9)$$

где

$$\theta = \frac{(T_1 - T_3)(T_2' - T_4') - (T_1' - T_3')(T_2 - T_4)}{(T_1 - T_3)(T_1' - T_3') + (T_2 - T_4)(T_3' - T_4')}$$

Здесь T_1, T_2, T_3, T_4 и T_1', T_2', T_3', T_4' — температура в четыре равноотстоящие друг от друга момента времени соответственно на глубинах z_1 и z_2 , τ — период измерения в секундах.

С помощью этого метода уже можно получить на гидрометстанции коэффициент температуропроводности для всех глубин по данным одних только срочных измерений. Первый отсчет в этом методе выбирается таким образом, чтобы удовлетворялось следующее условие:

$$\begin{aligned} |T_1 - T_3| &\approx |T_2 - T_4|, \\ |T'_1 - T'_3| &\approx |T'_2 - T'_4|. \end{aligned}$$

3) Третий метод, наиболее точный из всех, разработан Д. Л. Лайхтманом и изложен им в работе [9].

Значение коэффициента температуропроводности по этому методу находится с помощью следующей формулы:

$$a = \frac{h \int_0^H (z-H) [T(z, t) - T(z, 0)] dz - H \int_0^h (z-h) [T(z, t) - T(z, 0)] dz}{h \int_0^t [T(0, \tau) - T(H, \tau)] d\tau - H \int_0^t [T(0, \tau) - T(h, \tau)] d\tau}, \quad (10)$$

где h и H — заданные глубины, $T(z, t)$ — заданная температура как функция от глубины z и времени t , $T(z, 0)$ — заданная температура в начальный момент, $T(0, \tau)$; $T(H, \tau)$; $T(h, \tau)$ — ход температуры в зависимости от времени τ на глубинах $z=0$, $z=H$ и $z=h$.

На практике при определении коэффициента температуропроводности по формуле (10) входящие в нее четыре интеграла заменяются соответствующими площадями S_1 , S_2 , S_3 , S_4 , тогда

$$a = \frac{hS_4 - HS_3}{hS_2 - HS_1}. \quad (11)$$

Для определения указанных площадей на гидрометстанциях наблюдения над температурой поверхности почвы и на глубинах до 20 см должны вестись через каждые 2 часа (в нечетные часы).

Вычисление площадей S_1 , S_2 , S_3 и S_4 в формуле (11) практически осуществляется следующим образом: по данным наблюдений над температурой почвы строятся два графика. На первый график наносят кривые распределения температур в почве на глубинах $z=0$, $z=h$ и $z=H$ см за дневные часы, например с 6 до 20 час. Для удобства расчетов за $z=0$ принимают глубину 5 см, за $z=h$ — глубину 15 см и за $z=H$ — глубину 20.

Выбрав за начало момент времени, близкий к максимальному расхождению между кривыми, а за конец — момент времени, близкий к максимальному схождению этих кривых, находят площади S_1 и S_2 .

За площадь S_1 принимается площадь, ограниченная кривыми распределения температур на глубинах 5 и 15 см, а за площадь S_2 — площадь, ограниченная кривыми распределения температур на глубинах 5 и 20 см.

Величина каждой площади определяется планиметром.

Для построения второго графика все глубины приводят к новому началу, принимая за $z=h$ глубину 10 см и $z=H$ 15 см, оставляя при этом за $z=0$ глубину 5 см, т. е. как бы сдвигают глубины на 5 см.

Чтобы увеличить число значений z , берут еще две промежуточных точки $z=2$ см и $z=7$ см, которые будут соответствовать действительным глубинам 7 и 12 см. Значения температур для промежуточных точек снимают с помощью вспомогательного графика. После этого составляется табл. 1 значений $z-h$ и $z-H$ в зависимости от нового начала.

Умножив найденные значения $z=h$ и $z=H$ на разность температур между $\tau=t$ и $\tau=0$, т. е. на $\Delta T = T(z_1, t) - T(z, 0)$, находят величины $(z-h)\Delta T$ и $(z-H)\Delta T$, которые соответствуют подинтегральным значениям числителя в формуле (10). Найдя значения $(z-h)\Delta T$ и $(z-H)\Delta T$, приступают к построению второго графика.

Для этого по оси абсцисс откладывают значения z из приведенной выше таблицы, а по оси ординат — значения $(z - H) \Delta T$ и $(z - h) \Delta T$ для каждого z . Ввиду того что указанные значения будут всегда отрицательны, ось ординат на графике будет направлена вниз.

Таблица 1

z	$z - h$	$z - H$	z	$z - h$	$z - H$
0 (5)	-10	-15	7 (12)	-3	-8
2 (7)	-8	-13	10 (15)	0	-5
5 (10)	-5	-10	15 (20)	—	0

Примечание: В скобках указаны действительные глубины.

Соединив точки $(x - h) \Delta T$, получают кривую. Площадь, ограниченная этой кривой и осями координат, и будет равна S_3 . Точно так же, соединив точки $(x - H) \Delta T$, получают другую кривую; площадь между этой кривой и осью ординат будет равна S_4 .

Определив площади S_1, S_2, S_3, S_4 , а затем, умножив их на соответствующие глубины $h = 10$ см и $H = 15$ см, получим значения числителя и знаменателя в формуле (11).

Г. Х. Цейтин в работе [10] получил значение коэффициента температуропроводности в более простом виде, пользуясь данными экстремальных значений температур почвы на глубинах и распределением температуры почвы на поверхности.

В этом случае

$$a = \frac{\int_0^{H(0)} [T(z, t) - T(z, 0)] (z - h) dz + \int_{H(0)}^{H(t)} [T(z, t) - T(z, T_m(z))] (z - h) dz}{\int_0^t [T(h, t) - T(H(t), t)] dt}, \quad (12)$$

где $T_m(z)$ — время наступления максимума или минимума температуры в почве на глубине z . $T[z, T_m(z)]$ — значение максимальной или минимальной температуры.

Так же как и в формуле Лайхтмана, заменив интегралы соответствующими площадями, для практических расчетов коэффициента температуропроводности этим способом получим следующую простую формулу:

$$a = \frac{S_1}{S_2}. \quad (13)$$

Определение коэффициента температуропроводности этим методом осуществляется путем нахождения по данным наблюдений над температурой почвы времени наступления максимума (или минимума) на глубинах 5, 10 и 15 см. Для сроков наступления максимумов (минимумов) температур строятся три графика. Первый график является вспомогательным, на него наносятся кривые распределения температур на глубинах 5, 10, 15 и 20 см в сроки, соответствующие наступлению максимумов (минимумов) на этих глубинах. Для этого по оси ординат откладываются значения температур в каждый из сроков, а по оси абсцисс — значения самих глубин 5, 10, 15 и 20 см. Соединяя значения температур за каждый срок и значения максимумов температур на каждой кривой, получают замкнутый контур, который затем переносят на второй (основной) график. Для этого по оси ординат откладывают те же значения температур, что и на первом графике, а по оси абсцисс — значения уже не самих глубин 5, 10, 15 см, а их квадратов, деленных пополам, т. е. 12,5, 50 и 112,5.

Площадь перенесенного контура ограничена сверху кривой распределения температуры по глубинам в срок наступления максимума (минимума) на глубине 5 см; снизу — кривой распределения температуры по глубинам в срок наступления

максимума (минимума) на глубине 15 см, слева — осью ординат, справа — кривой, соединяющей максимумы температур на глубинах 5, 10 и 15 см, и равна S_1 .

На втором графике наносятся две кривые: а) кривая распределения температур на поверхности почвы для времени наступления максимумов (минимумов) на глубинах 5, 10 и 15 см, б) кривая распределения экстремальных температур на заданных глубинах для тех же моментов времени.

Площадь, ограниченная этими кривыми и осями ординат, измеренная планиметром и умноженная на соответствующий масштаб, даст величину S_1 .

Методы определения теплообмена между поверхностью почвы и воздухом

Теплообмен между почвой и воздухом определяется посредством следующей формулы:

$$L = -c_p \rho k \frac{\partial t}{\partial z}, \quad (14)$$

где c_p — теплоемкость воздуха, $\frac{\partial t}{\partial z}$ — вертикальный градиент температуры, k — коэффициент турбулентной диффузии, ρ — плотность воздуха.

Для практических расчетов потока тепла в воздухе пользуются следующими расчетными формулами.

а) Формула, принятая М. П. Тимофеевым и Т. А. Огневой [21],

$$L = 1,34 k_1 \frac{\Delta t}{\Delta u} \text{ кал/см} \cdot \text{мин.}, \quad (15)$$

где β — угол наклона линии профиля ветра, зависящий от параметра устойчивости в атмосфере. Способ нахождения $\text{tg } \beta$ подробно изложен в работе [15].

Эта формула для условий, близких к изотермии, будет иметь следующий вид:

$$L = 1,87 k_1 \frac{\Delta t}{\ln \frac{z_2}{z_1}}, \quad (16)$$

где Δt — разность температур воздуха в слое (высота берется в метрах), k — коэффициент турбулентности на высоте 1 м в $\text{м}^2/\text{сек}$.

б) Формула, полученная после подстановки в уравнение теплового баланса значения L из формулы (14),

$$L = \frac{S - B}{1 + \frac{F \Delta e}{c_p \rho \Delta t}}, \quad (17)$$

где F — теплота парообразования, Δe — разность абсолютной влажности.

Наконец, в настоящее время уже имеются методы непосредственного измерения этой составляющей. Один из них, предложенный Б. А. Айзенштадтом [11], нашел применение для условий Средней Азии.

Таблица 2

Число	σ_1	σ_2
12	19,5	7,2
13	20,8	—
14	17,0	27,2
16	9,0	20,0
19	43,3	15,3
20	33,1	12,7
21	41,4	13,6
Среднее	24,9	16,0

С целью выбора наиболее простого способа определения теплообмена почвы с воздухом, доступного для широкого использования его в условиях работы гидрометстанций, по формулам (16 и 17) были рассчитаны величины теплового потока за дневные часы на паровом поле в открытой степи за период с 12 по 21 июля 1951 г. Если принять за основу поток тепла от почвы к воздуху, рассчитанный по радиационному балансу и теплообмену в почве, т. е. по формуле (17), то отклонения значений теплового потока (в процентах), рассчитанные по формуле (16), представлены в табл. 2, где σ_1 — отклонения величины теплового потока, рассчитанной по формуле (16); σ_2 — отклонения величины теплового потока, вычисленной по формуле (17) без учета теплообмена в почве.

Из приведенной таблицы видно, что:

- 1) величины тепловых потоков, рассчитанные по данным градиентных измерений над скоростью ветра и температурой воздуха, достаточно сравнимы с величинами потоков, определенных по радиационному балансу и теплообмену в почве, что указывает на применимость формул для практических расчетов;
- 2) тепловой поток почвы по формуле (17) можно также определить по данным градиентных наблюдений над температурой и влажностью воздуха и радиационному балансу, без учета теплообмена в почве.

Оценка существующих способов определения коэффициента турбулентности с точки зрения применения в условиях гидрометеорологических станций

В настоящее время еще не существует метода непосредственного измерения величины коэффициента турбулентности, однако теоретические работы Д. Л. Лайхтмана, М. И. Будыко, М. П. Тимофеева и др. ([12], [13], [14]) позволили найти простые и пригодные для широкого практического применения способы расчета коэффициента турбулентности по данным градиентных наблюдений над метеорологическими элементами. Наиболее широкое применение нашел способ расчета коэффициента турбулентности по данным распределения скорости ветра с высотой.

Для получения коэффициента турбулентности с помощью этого метода по данным распределения скоростей ветра на высотах находятся необходимые для расчета коэффициента турбулентности коэффициент вертикальной устойчивости в приземном слое ε и коэффициент шероховатости z_0 .

Подробное описание этого метода приведено в работе М. П. Тимофеева и Т. А. Огневой [15].

В отличие от рассмотренного способа, М. И. Будыко, исходя из теории пограничного слоя, предлагает три метода определения коэффициента турбулентности, отдавая при этом предпочтение последнему.

Заслуживает также внимания экспериментальный способ определения коэффициента турбулентности по радиационному балансу и тепловому потоку в почве. Произведя простые преобразования уравнения теплового баланса (1) путем подстановки соответствующих L и V , получим

$$S = Fk \frac{e_1 - e_2}{\ln \frac{z_2}{z_1}} + \rho c_p k \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{z_2}{z_1}} + B, \quad (18)$$

откуда

$$k = \frac{S - B}{\frac{F}{c_p \rho} \Delta e + \Delta t} \frac{\ln \frac{z_2}{z_1}}{c_p \rho}, \quad (19)$$

где S — радиационный баланс, B — тепловой поток в почве, Δe — разность абсолютных влажностей, Δt — разность температур воздуха на двух высотах, F — теплота парообразования.

Если выразить S и B в кал/см². мин., z — в метрах, Δe — в миллибарах, k — в м²/сек. и принять разность высот для Δe и Δt равной 2,0—0,5=1,5 м, то при $c_p = 0,24$, $\rho = 1290$ и $F \approx 600$, получим

$$k = 0,8 \frac{S - B}{1,5 \Delta e + \Delta t}. \quad (20)$$

Этот способ можно применять в дневные часы при ясной погоде для случаев, когда сумма $\Delta e + \Delta t$ не будет мала.

Кроме указанных выше способов, имеется целый ряд других расчетных формул для определения коэффициента турбулентности в естественных условиях. Некоторые из них разобраны в работах Л. Ф. Щербаковой и Л. С. Гандина [16], [17].

Для определения коэффициента турбулентности в условиях гидрометсети из всех методов применимы только те, которые являются наиболее простыми (не требующими для постановки наблюдений и обработки сложной и дорогостоящей аппаратуры и большой затраты времени) и дают достаточно точные результаты.

С этой точки зрения наиболее целесообразно рассмотреть формулы, предложенные М. И. Будыко и М. П. Тимофеевым. Из трех предложенных М. И. Будыко формул для практических вычислений коэффициента турбулентности в условиях гидрометеорологических станций, по нашему мнению, наиболее удобна первая:

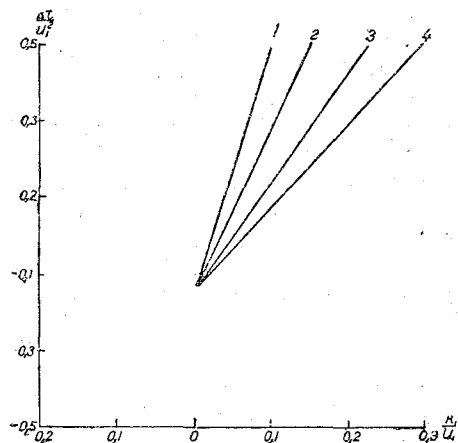


Рис. 1. Номограмма для определения значений $\frac{k_1}{u_1}$, рассчитанных по формуле М. П. Тимофеева.

$$k_1 = \frac{0,144 \Delta u}{\ln \frac{z_2}{z_1}} \left[1 + \frac{gh}{\theta} \frac{\Delta \theta}{(\Delta u)^2} \frac{\ln^2 z_1}{\ln \frac{z_2}{z_1}} \right]. \quad (21)$$

При измерении на станциях скорости ветра и температуры воздуха на одних и тех же высотах $z_1 = 0,5$ и $z_2 = 2,0$ м при $\frac{gh}{\theta} \approx 1$ получим, что

$$k_1 = 0,104 \Delta u \left(1 + 1,38 \frac{\Delta t}{\Delta u} \right). \quad (22)$$

Таким образом, для определения коэффициента турбулентности на основании этой формулы достаточно измерить скорости ветра и температуру воздуха на высоте 0,5 и 2 м, а затем вычислить их разности.

Формула для определения коэффициента турбулентности, предложенная М. П. Тимофеевым, имеет следующий вид:

$$k_1 = \frac{0,16 u_1}{\ln \frac{z_1}{z_0}} + \frac{10,6}{\ln \frac{z_3}{z_2}} \frac{\Delta t}{u_1^2}. \quad (23)$$

или, при условии измерения температуры на высотах 50 и 200 см и скорости ветра на высоте 1 м,

$$k_1 = \frac{0,16 u_1}{\ln \frac{1}{z_0}} \left(1 + 7,5 \frac{\Delta t}{u_1^2} \right). \quad (24)$$

Эта формула является также чрезвычайно простой, не требует измерения градиента ветра, но требует определения коэффициента шероховатости z_0 .

Для удобства вычисления по формуле М. П. Тимофеева рассчитана табл. 3, на основании которой можно построить простую номограмму (рис. 1) для любых значений коэффициента шероховатости, еще более упрощающую все расчеты на станциях.

Третья формула, предложенная М. И. Бudyko, требует учета тех же параметров, что и формула (21), но для производства вычислений по этой формуле необходимо построение довольно сложной номограммы для каждого значения коэффициента шероховатости в отдельности.

Таблица 3

Значения $\frac{k_1}{u_1}$ для $\frac{\Delta t}{u_1^2}$ при разных коэффициентах шероховатости z_0

$\frac{\Delta t}{u_1^2}$ \ $z_0, \text{ м}$	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,001	0,006	0,023	0,040	0,058	0,075	0,092	0,109
0,002	0,007	0,026	0,046	0,065	0,084	0,104	0,124
0,005	0,008	0,030	0,052	0,075	0,098	0,120	0,142
0,010	0,009	0,035	0,061	0,088	0,114	0,140	0,166
0,020	0,010	0,041	0,072	0,102	0,133	0,164	0,195
0,030	0,012	0,046	0,080	0,115	0,150	0,184	0,218
0,040	0,012	0,050	0,087	0,125	0,162	0,200	0,238
0,050	0,014	0,054	0,094	0,135	0,176	0,216	0,256
0,060	0,014	0,057	0,100	0,142	0,185	0,228	0,271
0,070	0,015	0,060	0,105	0,150	0,195	0,240	0,285
0,080	0,016	0,063	0,110	0,158	0,205	0,252	0,299
0,090	0,017	0,067	0,117	0,165	0,218	0,268	0,318
0,100	0,018	0,070	0,122	0,175	0,228	0,280	0,332

Примечание. Для нахождения из табл. 3 $\frac{k_1}{u_1}$ при $\frac{\Delta t}{u_1^2} > 0,5$ необходимо найти в таблице величину $\frac{k_1}{u_1}$ при $\frac{\Delta t}{u_1^2} = 0,0$ для соответствующего z_0 и умножить ее на $\left(1 + 7,5 \frac{\Delta t}{u_1^2}\right)$, где $\frac{\Delta t}{u_1^2} = +0,6; +0,7$ и т. д. Например, для $z_0 = 0,05$ м найдем значение $\frac{k_1}{u_1}$ при $\frac{\Delta t}{u_1^2} = 0,6$.

$$\frac{k_1}{u_1} = 0,054 (1 + 7,5 \cdot 0,6) = 0,297.$$

Сравнение различных коэффициентов турбулентности k_1 , определенных различными оперативными способами, приведено в табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов турбулентности, вычисленные различными способами

Месяц и число	Время наблюдений, час. мин.	Исходные данные для вычисления коэффициента турбулентности				Коэффициент турбулентности, $\frac{\text{м}^2}{\text{сек.}}$			
		u_1	$u_{2,0} - u_{0,5}$	$t_{0,6} - t_{2,0}$	$e_{0,5} - e_{2,0}$	k_{B_3}	k_{B_1}	k_T	k
12/VII	10 00	—	—	1,2	0,4	0,281	0,292	0,258	0,333
	10 50	—	—	1,2	0,7	0,298	0,300	0,276	0,308
	12 00	—	—	1,2	0,7	0,290	0,324	0,267	0,330
	14 00	—	—	0,9	0,4	0,220	0,352	0,258	0,405
	16 00	—	—	0,7	0,3	0,230	0,367	0,217	0,288

Месяц и число	Время наблюдения час. мин.	Исходные данные для вычисления коэффициента турбулентности				Коэффициент турбулентности, $\frac{м^2}{сек.}$			
		u_1	$u_{2,0}-u_{0,5}$	$t_{0,6}-t_{2,0}$	$e_{0,5}-e_{2,0}$	$k_{Бз}$	$k_{Б1}$	k_T	k
13/VII	08 00	2,9	0,7	0,8	0,3	0,220	0,227	0,203	0,320
	08 50	4,3	1,7	0,7	0,3	0,220	0,256	0,228	0,257
	10 00	4,8	2,2	1,4	0,4	0,292	0,344	0,288	0,320
	10 50	5,6	0,8	1,6	0,2	0,318	0,347	0,319	0,400
	12 00	3,9	1,0	1,4	0,5	0,292	0,296	0,269	0,313
	12 50	4,7	1,8	1,4	0,6	0,290	0,313	0,282	0,303
	14 00	3,6	1,0	1,1	0,3	0,258	0,295	0,236	0,278
	14 50	5,3	2,0	1,5	0,4	0,306	0,334	0,296	0,220
	16 00	5,5	1,1	0,7	0,7	0,250	0,212	—	0,190
	18 50	4,7	1,4	0,3	0,6	0,197	0,195	0,202	—
14/VII	08 00	1,3	0,6	1,6	0,4	0,190	0,156	0,145	0,218
	08 50	2,2	0,7	1,1	0,2	0,312	0,281	0,246	0,327
	10 50	3,8	0,8	1,8	0,1	0,329	0,362	0,304	0,352
	12 00	3,1	1,1	1,4	0,2	0,312	0,292	0,267	0,378
	12 50	3,7	1,4	1,0	0,6	0,247	0,258	0,237	0,275
	14 00	4,5	1,4	1,4	0,5	0,290	0,293	0,279	0,245
	14 50	5,2	1,8	1,5	0,3	0,304	0,320	0,302	0,229
	16 00	4,7	1,8	1,0	0,1	0,256	0,286	0,258	0,224
	16 50	4,2	1,6	0,7	0,2	0,218	0,246	0,217	0,164
	18 00	4,3	1,1	0,2	0,3	0,176	—	0,180	—
	18 50	3,9	1,4	0,1	0,3	0,136	0,137	0,148	—
15/VII	08 00	2,5	0,7	1,4	0,7	0,190	0,192	0,172	0,188
	08 50	2,7	1,0	1,5	0,4	0,225	0,220	0,197	0,259
	10 00	4,4	2,0	1,2	0,4	0,251	0,303	0,245	0,326
	10 50	6,1	2,1	1,2	0,7	0,320	0,342	0,318	0,308
	12 00	5,6	1,7	1,7	0,5	0,287	0,292	0,289	0,278
	12 50	6,1	2,3	1,7	0,2	0,300	0,340	0,304	0,352
16/VII	08 00	2,9	0,6	0,8	0,6	0,221	0,239	0,203	0,232
	08 50	4,3	1,6	0,7	1,0	0,220	0,274	0,221	0,219
	10 00	5,1	1,8	1,1	0,6	0,270	0,292	0,275	0,308
	10 50	5,1	1,2	1,1	0,7	0,270	0,259	0,249	0,312
	12 00	4,6	2,0	1,1	0,8	0,263	0,309	0,262	0,302
	12 50	5,5	2,0	1,1	0,7	0,279	0,309	0,286	0,310
	14 00	5,6	2,6	1,3	0,3	0,275	0,275	0,270	0,315
	16 00	5,2	2,3	1,0	0,6	0,264	0,330	0,266	0,311
	18 00	3,9	1,0	0,7	0,2	0,212	0,208	0,214	0,160
19/VII	10 00	4,4	1,3	0,5	2,7	0,205	0,204	0,193	0,186
	10 50	4,6	1,3	0,9	1,8	0,194	0,185	0,183	0,152
	12 00	4,5	1,3	0,5	1,2	0,200	0,204	0,137	0,153
	12 50	4,8	1,7	1,0	1,0	0,215	0,241	0,205	0,342
	14 00	4,1	1,2	1,3	2,3	0,198	0,196	0,184	—
	14 50	6,2	2,4	0,4	1,0	0,252	0,309	0,246	0,193
20/VII	10 50	4,9	1,7	0,4	1,4	0,196	0,219	0,204	0,250
	12 00	3,8	1,2	0,9	3,2	0,179	0,186	0,184	0,167
	12 50	4,4	1,0	0,8	2,8	0,205	—	0,193	0,174
	14 00	4,7	1,5	0,9	2,0	0,237	0,247	0,220	0,162
	14 50	5,5	1,5	0,7	0,4	0,228	—	0,222	0,102
	16 00	5,9	2,0	0,8	1,2	0,297	0,290	0,255	0,170
	16 50	5,1	1,6	0,8	1,4	0,246	0,255	0,231	0,215
21/VII	10 00	2,7	0,8	1,8	2,9	0,225	0,221	0,181	0,158
	10 50	1,5	0,5	2,6	1,1	0,280	0,236	0,184	0,215
	12 00	1,9	0,6	1,9	1,2	0,380	0,323	0,244	—
	14 00	2,5	1,1	1,3	1,1	0,250	0,234	0,191	0,198
	16 00	3,0	1,1	1,1	0,5	0,190	0,200	0,166	—
	18 00	2,4	0,6	0,8	0,4	0,138	0,135	0,114	—

Примечание. $k_{Бз}$ — коэффициент турбулентности, вычисленный по третьей формуле М. И. Будыко, $k_{Б1}$ — то же, по первой формуле М. И. Будыко, k_T — то же, по формуле М. П. Тимофеева, k — то же по формуле (20).

Вычисления коэффициентов турбулентности проведены В. П. Грачевой на основании материалов наблюдений, полученных во время экспедиции ГГО в Каменную Степь за период с 12 по 22 июня 1951 г. Наблюдения проводились на черном пару в открытой степи преимущественно при ясной погоде.

Если принять коэффициент турбулентности, вычисленный по формуле (20), в качестве основного, то отклонения от него коэффициентов турбулентности, вычисленных другими способами, в среднем за каждый день представлены в табл. 5.

Значительные отклонения k_1 , рассчитанного по радиационному балансу и теплообмену в почве, от k_1 , рассчитанных другими способами 19, 20 и 21 июля, объясняются резкими изменениями радиационного баланса под влиянием меняющейся облачности.

Из приведенной таблицы видно, что коэффициенты турбулентности, вычисленные различными способами, достаточно удовлетворительно совпадают между собой.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что как формула (22), так и формула (24), являющиеся наиболее простыми, могут быть использованы для вычисления коэффициента турбулентности на широкой сети гидрометеорологических станций.

Таблица 5

Отклонения коэффициентов турбулентности, вычисленных различными способами, от коэффициента турбулентности, вычисленного по радиационному балансу и теплообмену в почве (%)

Дата	σ_{B_1}	σ_{B_2}	σ_T
12	9,2	19,0	15,9
13	7,7	11,9	13,6
14	8,7	13,2	20,4
15	7,4	9,8	12,3
16	7,4	9,4	12,5
19	23,3	27,2	22,7
20	14,7	15,0	12,3
21	22,8	13,8	12,6
Среднее	12,8	14,9	15,3

Методы определения тепла, затрачиваемого на испарение или освобождающегося при конденсации

Определение последней составляющей теплового баланса — количества тепла, затрачиваемого на испарение или освобождающегося при конденсации, — сводится, по существу, к определению самих значений испарения и конденсации, а затем к умножению их на скрытую теплоту парообразования.

Методов измерения и расчета испарения с поверхности почвы существует довольно много, однако все они страдают теми или иными недостатками, поэтому широких и систематических наблюдений над этим элементом на сети гидрометеорологических станций в настоящее время не производится. В целях организации наблюдений за этим важнейшим гидрометеорологическим элементом в настоящее время создается сеть станций, испарение с поверхности почвы на которых предполагается определять с помощью испарителя системы ГГО (модернизированный испаритель Рыкачева). Методика наблюдения по этому испарителю описана в работе [18]. Не останавливаясь на недостатках этого испарителя, отметим, что с помощью его можно получить лишь суммарную величину испарения за сравнительно длительный промежуток времени для монолита, изолированного от окружающей почвы.

При измерении испарения за сравнительно короткий промежуток времени для исследовательских целей часто пользуются малыми испарителями с площадью испарения 100 см² и высотой монолита 7—10 см. Монолиты в этих испарителях меняются через 1—2 часа.

Широкое применение для научных и практических целей нашли расчетные методы определения испарения с поверхности почвы, краткая характеристика которых изложена в работе [9]. Исходя из требуемой точности и практической применимости методов расчета испарения с поверхности почвы, в условиях гидрометстанций наибольшее внимание привлекают два метода, тесно связанные с методами определения коэффициента турбулентности.

Первый метод исходит из определения на станции величины коэффициента турбулентности K и коэффициента устойчивости ϵ . В этом случае количе-

ство испаряющейся влаги с поверхности почвы определяется по следующей формуле:

$$E = 3,6k_1 \frac{e_1 - e_2}{u_1 - u_2} \operatorname{tg} \beta \text{ г/см}^2 \text{ мин.}, \quad (25)$$

где e_1 и e_2 — абсолютная влажность воздуха на высоте z_1 и z_2 (в миллибарах).

Вторая формула исходит из логарифмического закона распределения метеорологических элементов с высотой в приземном слое, т. е. из предположения, что для этого слоя параметр устойчивости равен нулю, тогда

$$E = 0,48 \cdot 10^{-2} \frac{k_1 \Delta e}{\ln \frac{z_2}{z_1}} \text{ г/см}^2 \text{ мин.} \quad (26)$$

При $\Delta e < 0$ будет иметь место конденсация водяных паров.

В последнее время Д. Л. Лайхтманом предложена для оперативного использования еще одна простая формула, основанная на определении испарения по профилю влажности.

Согласно этой формуле величина испарения

$$E = k_1 \operatorname{tg} \alpha, \quad (27)$$

где α — угол наклона линии профиля влажности, определяемый аналогично углу наклона профиля ветра β , метод нахождения которого изложен в работе [15], с той лишь разницей, что по оси ординат графика откладывается не скорость ветра, а абсолютная влажность воздуха в граммах.

Ввиду чрезвычайно неблагоприятных условий наблюдений над испарением во время экспедиции в Каменную Степь для сопоставления расчетных и практических величин испарения можно было использовать данные лишь четырех дней. Полученные результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6

Величины испарения, вычисленные с помощью различных оперативных способов, г/см² · час.

Дата	Время наблюдений, час. мин. от — до	Величина испарения, рассчитанная по формулам			Наблюдаемая величина испарения
		(25)	(26)	(27)	
15	9 00—11 00	—	0,021	—	0,010
	12 30—14 30	—	0,013	—	0,011
16	9 00—11 00	—	0,009	0,023	0,008
	11 30—13 20	—	0,015	0,018	0,010
	13 30—15 30	—	0,005	0,026	0,006
	15 30—17 30	—	0,013	0,024	0,025
19	9 30—11 30	0,032	0,016	0,027	0,063
	11 30—13 40	0,052	0,015	0,044	0,040
	14 00—16 00	0,035	0,052	0,039	0,035
21	9 00—11 00	0,014	—	0,015	0,024
	11 00—13 00	0,018	0,050	0,048	0,025
	13 00—15 00	0,010	0,038	0,034	0,015
	15 00—17 00	0,029	0,013	0,012	0,015
	17 00—19 00	0,000	0,014	0,007	0,009

Из таблицы видно, что величины испарения, вычисленные по всем формулам, дают вполне согласованные данные с наблюдаемыми величинами испарения, хотя и завышенные.

Таким образом, даже из приведенного выше сравнительно небольшого материала можно сделать вывод о том, что расчетные формулы (26), (27) и (28) могут быть использованы для расчетов испарения на гидрометстанциях всех типов. Особенно желательно проверить эти формулы на гидрометстанциях, ведущих наблюдение над испарением.

Для определения количества тепла, затраченного на испарение, величину испарения необходимо умножить на скрытую теплоту парообразования.

II. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА В УСЛОВИЯХ ГИДРОМЕТСТАНЦИЙ

Анализируя рассмотренные выше методы определения составляющих теплового баланса без радиационной составляющей, методика которой достаточно разработана, а приборы изготовляются нашей промышленностью, можно сделать вывод, что для определения теплообмена в почве, в воздухе, а также для расчета тепла, затрачиваемого на испарение и высвобождающегося при конденсации, требуется измерение градиентов: температуры почвы, температуры и влажности воздуха и скорости ветра. В зависимости от характера этих наблюдений (полноты, степени точности, сроков наблюдения и т. д.) существующие методы определения теплового баланса можно разделить на две группы:

- 1) методы точные,
- 2) методы приближенные.

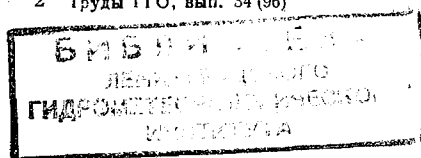
Точные методы предусматривают:

- а) постановку широкого комплекса актинометрических, почвенных и градиентных наблюдений над ветром, температурой и влажностью воздуха;
- б) организацию круглосуточных наблюдений над этими элементами или круглосуточную их регистрацию;
- в) оснащение пункта наблюдений сложной измерительной аппаратурой.

Постановка таких наблюдений может быть осуществлена только на крупных наблюдательных станциях типа обсерваторий, станций теплового баланса или лесогидрометстанциях. Комплекс наблюдений и приборов, необходимых для определения теплового баланса на таких станциях, приведен в табл. 7.

Таблица 7

Составляющие теплового баланса	Вид наблюдений	Приборы	Сроки наблюдений
Радиационный баланс	Прямая радиация Рассеянная радиация Суммарная " " Отраженная радиация Радиационный баланс	Актинограф Пиранограф Эффективный пиранометр (пиргеометр) Альб. дометр Балансограф	Непрерывная регистрация "
Теплообмен в почве	Температура почвы на поверхности и на глубинах 1, 3, 5, 10, 15, 20, 40, 80 см Влажность почвы на тех же глубинах, что и температура почвы	Срочные термометры и термометры сопротивления на поверхности и на глубинах до 80 см и термометры Савинова на стандартных глубинах. Почвенно-вытяжные термометры от 20 до 80 см Абсолютным методом	До глубины 20 см через каждые 2 час, с 40 до 80 см 4 раза в сутки 1 раз в декаду



Составляющие теплового баланса	Вид наблюдений	Приборы	Сроки наблюдений
Теплообмен почва — воздух	Температура воздуха на высотах 50, 100, 200, 400, 800 и 1500 см Влажность воздуха на тех же высотах, что и температура	Психрометр, состоящий из термометров сопроти- вления с регистра- тором к ним или пуль- сом для измерения	Непрерывная реги- страция или измере- ние по 10 мин. в час
	Скорость ветра на тех же высотах	Контактные анемометры с регистратором им- пульсов к ним	Регистрация в период наблюдения по 10 мин. в час
	Скорость и направле- ние ветра на высоте мачты (12—15 м)	Электрический анемо- румбомер	3 раза в течение 10 мин.
Осадки	Осадки твердые и жидкие	Осадкомер	2 раза в сутки в су- хое время и после каждого дождя
		Плювиограф	Непрерывная регистрация

Приближенные методы определения теплового баланса, при условии измерения радиационного баланса существующими способами, кроме стандартного комплекса метеорологических наблюдений, предусматривают лишь измерения температуры, влажности воздуха и скорости ветра на высотах 50, 100 и 200 см. При наличии табличных коэффициентов шероховатости скорость ветра может измеряться только на одной высоте.

Для градиентных наблюдений над температурой почвы на гидрометстанциях могут быть использованы обычные почвенные установки с более частыми сроками наблюдений. Что касается физических констант почвы, то для их определения комплекс наблюдений не будет выходить за пределы существующего комплекса агрогидрофизических характеристик, определяемых агрометстанциями.

Градиентные наблюдения на гидрометстанциях

Измерение градиентов температуры, влажности воздуха и скорости ветра в слое до больших высот с помощью принятой в настоящее время методики произвести почти невозможно. Существующие аспирационные психрометры можно использо-
вать лишь на высотах от 50 до 200 см. Применение для больших высот опроки-
дывающихся аспирационных психрометров и ручных анемометров с автоматическим
включением также не решает этой проблемы, так как требует постоянного опуска-
ния приборов для отсчета, а главное, как будет показано ниже, не обеспечивает
достаточной точности измерений. Указанные приборы имеют ограниченный срок
службы и недостаточно прочны. Для измерения градиента температуры, влажности
воздуха и скорости ветра на высотах более 2 м Главной геофизической observa-
торией разработано два вида дистанционных градиентных установок: установка,
разработанная в отделе физики приземного слоя под руководством Н. В. Куче-
рова, и установка, разработанная в экспериментально-макетной лаборатории
Методического отдела под руководством В. Н. Сварчевского.

Градиентная установка отдела физики приземного слоя позволяет измерять
профили скорости ветра, температуры и влажности воздуха и температуры почвы.
В качестве датчиков скорости ветра в установке использованы контактные анемо-
метры системы В. П. Чижевского (рис. 2), а в качестве регистратора контактов —
регистратор электрических импульсов системы М. С. Стернзат.

Устройство и принцип действия анемометров системы В. П. Чижевского до-
статочно просты. Ось 1 с укрепленными на ней чашками конусообразной формы
2 через трибку 3 связана с нижним зубчатым колесом 4, которое при вращении

оси приводит в движение второе зубчатое колесо 5, соединенное втулкой с текстолитовой шайбой 6. На шайбе укреплен штифтовой контакт 7. Через 27 оборотов оси шайба с контактом делает полный оборот, контакт подходит к контактным пружинам 8, соединенным с клеммами, и замыкает цепь.

Во время замыкания цепи у регистратора срабатывает катушка электромагнита, которая притягивает сердечник, соединенный с пером, к ленте барабана и делает на ней отметку момента контакта. Средняя скорость ветра определяется по числу контактов за единицу времени. Для перевода числа контактов в м/сек. каждый анемометр снабжен переводным графиком, составляемым в Бюро поверки.

Нами были проверены изменения тарифовочных кривых, составленных Центральным бюро поверки, для партии анемометров, выпущенных в 1950 г. и работавших на станции физики приземного слоя и в экспедиции ГГО в Каменной Степи. Результаты этой поверки приведены в табл. 8.

Из таблицы видно, что из 10 анемометров при средней продолжительности их непрерывной работы 2700 час. (3,7 месяца) изменили свою чувствительность и вышли за пределы требуемых допусков (50% скорости) при ветрах в 2 м/сек. — 2 анемометра (20%), 5 м/сек. — 3 анемометра (30%), 10 м/сек. — 4 анемометра (40%), 15 м/сек. — 5 анемометров (50%).

Отсюда можно сделать вывод, что срок непрерывной работы анемометров этой конструкции для данной партии будет 3—4 месяца, причем через каждые 2,5—3 месяца анемометры должны обязательно проходить перепроверку. Этот срок действия анемометров, по крайней мере, в 10 раз превосходит срок действия ручных анемометров. Для измерения профиля температуры и влажности воздуха в градиентной установке использованы медные термометры сопротивления, вмонтированные в оправы аспирационных электрических психрометров. Показания термометров отмечаются фоторегистратором.

Испытания этого блока, проводимые отделом физики приземного слоя, показали, что электрическая схема термометров требует некоторого усовершенствования, а механическая часть фоторегистратор — более тщательного изготовления. Испытания регистратора температуры и влажности воздуха в настоящее время продолжаются.

Для измерения профиля температуры в почве использовались специально сконструированные термометры сопротивления с инерцией, большей чем инерция поч-

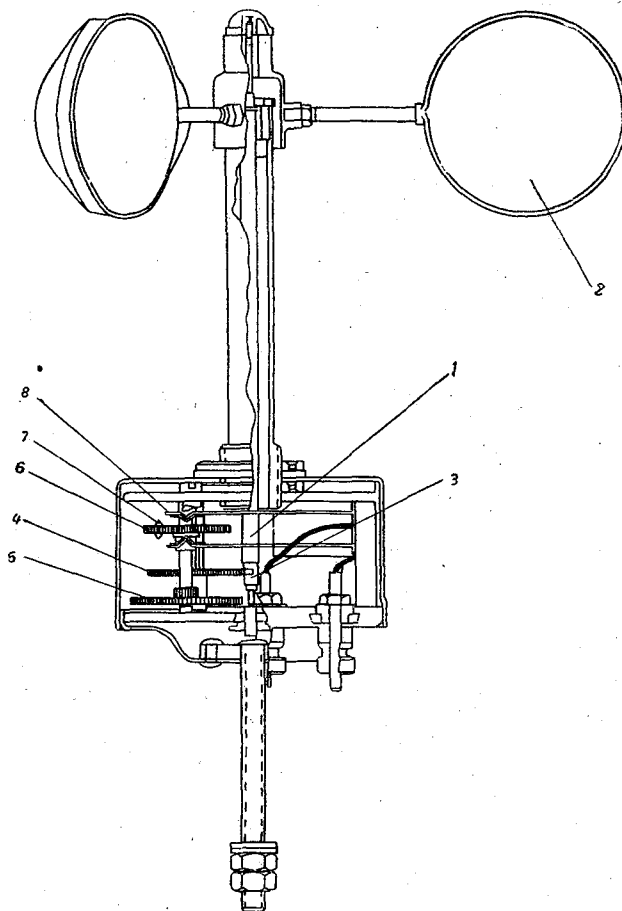


Рис. 2. Контактный анемометр конструкции ЦБП.
1 — ось, 2 — чашка, 3 — трибка, 4 — первое зубчатое колесо,
5 — второе зубчатое колесо, 6 — текстолитовая шайба, 7 — контакт,
8 — контактные пружины.

венных термометров Савинова. Термометры устанавливались на глубинах 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 25 и 60 см в параллель с термометрами Савинова на глубинах 5, 10, 15, 20 см и срочным термометром на поверхности.

Таблица 8

Изменение тарировочных кривых контактных анемометров системы В. П. Чижевского до и после эксплуатации

№ поверки анемометра	Срок непрерывной работы между двумя поверками, час.	Изменение чувствительности до и после эксплуатации для разных скоростей ветра, м/сек.				
		1	2	5	10	15
810057	2940	-0,1	-0,1	0,0	0,3	0,8
810058	3410	0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5
810059	5280	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,7
810062	1580	-0,1	-0,5	-0,8	-1,4	-1,8
810063	2400	0,0	0,0	0,3	-0,9	-1,4
810065	3240	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,9
810066	2520	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1
810067	1800	-0,1	-0,1	-0,3	-0,7	-
810069	2400	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5
810070	1450	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,2

Отсчеты термометров сопротивления производились с помощью специального индикатора с зеркальным короткопериодным гальванометром конструкции экспериментальных мастерских ГГО. Термометры сопротивления по причине недостаточной тщательности установки дали систематическую погрешность по сравнению с существующим методом, лежащую в пределах от 0,2 до 0,6%.

Испытания показали, что блок регистрации температуры в почве, при некотором видоизменении в конструкции термометров может быть использован для широкой эксплуатации. Приборы для измерения профилей ветра, температуры и влажности воздуха в указанной установке монтируются на специальной 15—17-метровой телескопической мачте на высотах 0,5, 1, 2, 8 и 15 м над поверхностью земли. Регистрирующие приборы установки находятся в специальном помещении, расположенном недалеко от мачты (под землей).

Градиентная установка, разработанная отделом физики приземного слоя, предназначена в качестве стационарной установки для станций теплового баланса. Установка может быть широко использована также и в экспедиционных условиях.

Градиентная установка экспериментально-макетной лаборатории Методического отдела предназначена для производства градиентных наблюдений над температурой и влажностью воздуха и скоростью ветра в условиях гидрометеорологических и лесогидрометеорологических станций и экспедиций. В соответствии с техническими условиями градиентная установка этого типа должна удовлетворять следующим основным требованиям.

1) Позволять измерять температуру, влажность воздуха и скорость ветра в слое до 15—17 м на 5—6 высотах.

2) Позволять измерять скорости ветра в диапазоне от 0,4 до 30,0 м/сек. Точность измерения при ветре 0,4—7,0 м/сек. — 0,2 м/сек., при ветре 8—30 м/сек. — 0,5 м/сек.

3) Измерять температуру воздуха в диапазоне от 5 до 50° с точностью $\pm 0,1^\circ$.

4) Установка должна быть дистанционной.

5) Скорости ветра должны регистрироваться непрерывно. Включение и выключение регистратора должны производиться по мере надобности. Период оборота барабана регистратора должен быть различным.

6) Температура и влажность воздуха на высотах должны отсчитываться на специальном пульте.

7) Электропитание установки должно производиться от сухих батарей, причем на питание одновременно всех приборов не должно расходоваться более

0,4 ампера, т. е. на питание установки в течение 3—4 месяцев должно расходоваться 5—6 сухих батарей типа БС-МВД-500.

Для измерения профиля ветра в установке использованы контактные анемометры, разработанные экспериментально-макетной лабораторией (рис. 3).

В целях удешевления изготовления анемометров заводским способом основа прибора (кожух, червячная ось и основная шестерня) была оставлена от изготавливаемого в настоящее время ручного анемометра. Крест полушарий был видоизменен за счет увеличения длины плеч и приемной площади чашек. Устройство и принцип действия этого анемометра достаточно просты.

Червячная ось с укрепленной на ней трехчашечной вертушкой 1 нижним концом упирается на подшипник. Червяк, имеющийся в нижней части оси, соединен с шестерней. Передаточное число червяк — шестерня равно 100:1. На оси шестерни имеется двухсторонний замыкатель 2, который через каждые 50 оборотов чашек замыкает цепь. Возникший электрический импульс фиксируется регистратором.

Регистратор контактов к анемометрам отличался от регистратора системы М. С. Стернзат лишь некоторыми конструктивными особенностями.

Для характеристики анемометров этой конструкции мы располагали результатами их работы в двух экспедициях ГГО (в Вортемяках в 1950 г. и в Каменной Степи в 1951 г.). При этом во время экспедиции в Каменную Степь работали две партии анемометров: партия в 15 штук, изготовленная экспериментальными мастерами ГГО в 1950 г.

и проработавшая непрерывно в течение 1 месяца в экспедиции в 1950 г. и 1,5 месяца в экспедиции 1951 г., и партия в 10 штук новых анемометров, изготовленных мастерами Центрального бюро поверки в 1951 г.

Для обеих партий анемометров экспериментально-макетной лаборатории произведено сравнение тарифовочных графиков, составленных Центральным бюро поверки ГГО, до и после их эксплуатации в экспедициях. Результаты сравнения приведены в табл. 9. Эта таблица показывает, что из 15 анемометров изготовления 1950 г. только два (13%) уменьшили чувствительность на малых скоростях ветра и оказались забракованными.

Для партии же изготовления 1951 г. в среднем через 45 час. непрерывной работы пять анемометров вышли из строя. Если учесть при этом, что у анемометров были плохо изготовлены контакты, почти всю партию можно признать недоброкачественной. Однако на основании результатов работы первой партии (1950 г.) можно сделать вывод, что при хорошем качестве изготовления и эта конструкция анемометров себя оправдывает и наравне с конструкцией В. П. Чижевского может быть рекомендована для производства. Следует отметить, что из

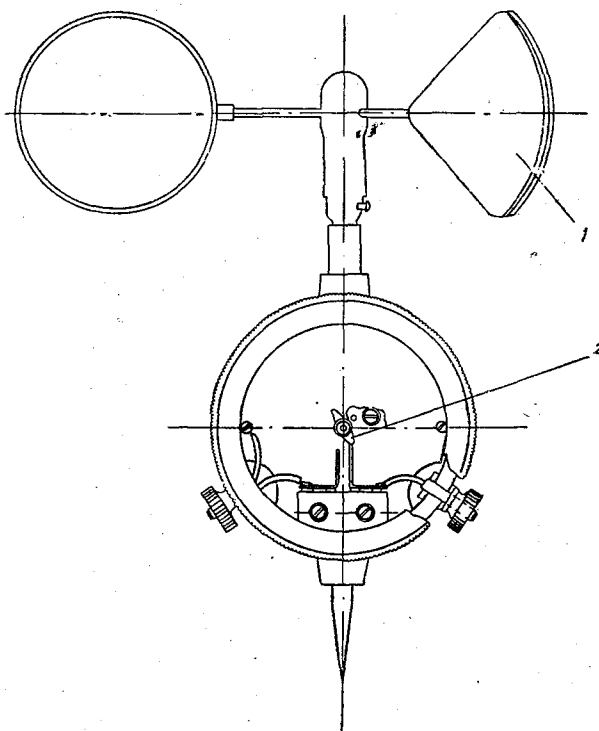


Рис. 3. Контактный анемометр конструкции экспериментально-макетной лаборатории ГГО.

1 — вертушка, 2 — двусторонний замыкатель.

десяти использовавшихся в экспедиции для сравнительных наблюдений ручных анемометров через 250—300 час. работы пять из них потеряли чувствительность на малых скоростях. Результаты градиентных наблюдений по контактному анемометрам оказались значительно лучшими, чем по ручным анемометрам, так как в первом случае исключалось влияние субъективного фактора (наблюдатели при частых отсчетах большого числа ручных анемометров допускают, как правило, большее число неправильных отсчетов вследствие плохой регулировки стрелок анемометров). Счетчик контактов к анемометрам также выдержал испытание, хотя при высоких температурах воздуха (около 35°), и, повидимому, при еще более высокой температуре часового механизма, находившегося на солнце, при надетом кожухе останавливались часы.

Таблица 9

Изменение тарировочных кривых контактных анемометров конструкции экспериментально-макетной лаборатории до и после эксплуатации

№ поверки анемометров	Срок непрерыв- ной работы, час	Изменение чувствительности до и после эксплуатации для разных скоростей м/сек.				
		1	2	5	10	15

Партия изготовления 1950 г.

757821—2	1130	—0,1	—0,1	—0,2	0,0	0,0
811447—3	1225	не работает		0,0	0,0	0,0
811448—4	1250	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
811607—5	930	0,0	0,0	—0,1	—0,1	—0,1
811450—6	800	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811608—7	890	не работает		—0,3	0,0	0,0
811453—8	1830	—0,1	—0,1	0,0	0,0	0,0
811605—9	1230	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811454—10	1175	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811455—11	1415	—0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
811456—12	1785	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
811445—13	1375	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811406—14	1635	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
811460—16	1275	0,0	0,0	—0,2	—0,1	+0,2
811452—17	1130	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Партия изготовления 1951 г.

748041—19	190	не работает		—0,2	—0,1	—0,1
811606—20	840	не работает		—0,3	—0,2	—0,2
811930—22	24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811927—23	720	0,0	0,0	0,0	0,0	—0,3
811932—24	750	0,0	0,0	0,0	0,0	—0,1
811926—25	455	не работает		0,0	0,0	0,0
811933—27	455	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811931—29	840	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
811927—30	430	не работает		—0,3	—0,3	0,2
—31	170	не работает		—0,3	—0,1	0,0

В качестве датчиков температуры и влажности воздуха приняты медные термометры сопротивления, укрепленные попарно и помещенные в круглую жалюзийную будочку с естественной аспирацией. Будочка сконструирована таким образом, что коэффициент аспирации с уменьшением скорости ветра меняется в небольших пределах. Смачивание батиста термометра производится так же, как и у станционного психрометра. Для пополнения стаканчика водой будочка, если она находится на больших высотах, опускается вниз.

Измерение температуры и влажности воздуха производится с помощью гальванометра типа ГСА-1 и мостика сопротивления. Цена деления гальванометра соот-

ветствует $0,15—0,20^{\circ}$. Чтобы измерять температуры, меняющиеся в больших пределах, гальванометр отградуирован для нескольких диапазонов.¹ Ток в схеме моста регулирует реостатом. Постоянство параметров в схеме проверяется с помощью контрольных сопротивлений, для которых нормальное положение гальванометра заранее известно.

Переводные кривые к термометрам при повторной тарировке двух термометров после экспедиции изменились в одну сторону на $0,1—0,2^{\circ}$.

Недостатками такого рода схемы обычно является то обстоятельство, что ничтожное изменение сопротивления на контактах переключателя обычно значительно сказывается на величине отсчета температуры. Чтобы избавиться от этого, постоянные плечи моста переносят ближе к термометрам, тогда изменение сопротивления проводов и контактов почти не сказывается и схема оказывается более выгодной (особенно для дистанционных измерений в полевых условиях). Такой монтаж схемы моста в частности применялся Л. Ф. Щербаковой в работе [20].

Во время экспедиции в Каменную Степь блок температуры и влажности воздуха применялся на четырех градиентных установках, располагавшихся в различных условиях.

Психрометрические будочки с термометрами подвешивались на высотах от 0,2 до 12 м. С целью получения сравнительных данных на высотах от 0,2 до 5 м велись параллельные наблюдения по аспирационным психрометрам. В качестве примера на рис. 4 приведен график распределения единичных отсчетов и средних за 10 мин. значений температур воздуха с высотой по данным термометров сопротивления и аспирационных психрометров с 8 до 18 час. 21 июня 1951 г. Измерения производились на черном пару в открытой степи.

Этот график является типичным для всех четырех установок, обработанных нами в общей сложности за 12 дней (740 отсчетов). Как видно из графика согласование средних значений температур воздуха по данным термометров сопротивления и аспирационных психрометров является удовлетворительным. Показания термометров сопротивления, как правило, согласуются с показаниями аспирационного психрометра.

В табл. 10 приведены средние и максимальные значения разностей между температурами воздуха, измеренными аспирационными психрометрами и термометрами сопротивления.

Таблица 10

Средние и максимальные разности температур, полученные разными способами

Степь — пар						Пар среди лесополос		Скошенный луг среди лесополос	
Высота, м . .	0,20	0,60	1,75	2,0	5,0	0,5	1,5	0,5	1,5
Разность:									
средн. ($\pm$) . .	0,17	0,20	0,19	0,15	0,24	0,12	0,18	0,27	0,27
макс. ($\pm$) . .	0,8	0,9	0,3	0,3	0,8	0,3	0,6	0,8	0,8

Из таблицы видно, что разности в средних температурах, измеряемых психрометром и термометром сопротивления, на всех высотах в среднем составляют $\pm 0,2$, $\pm 0,3^{\circ}$. Эти величины на первый взгляд могут показаться очень большими, так как сами значения градиентов невелики. Однако если обратить внимание на значения разностей между отдельными отсчетами самого психрометра или отклонения его отдельных отсчетов от среднего за 10 мин. (особенно для нижних высот), то можно видеть, что значения последних превосходят по величине средние разности между психрометром и термометром сопротивления.

¹ Измерение температур сухого и смоченного термометров на разных высотах производится последовательно с помощью переключения.

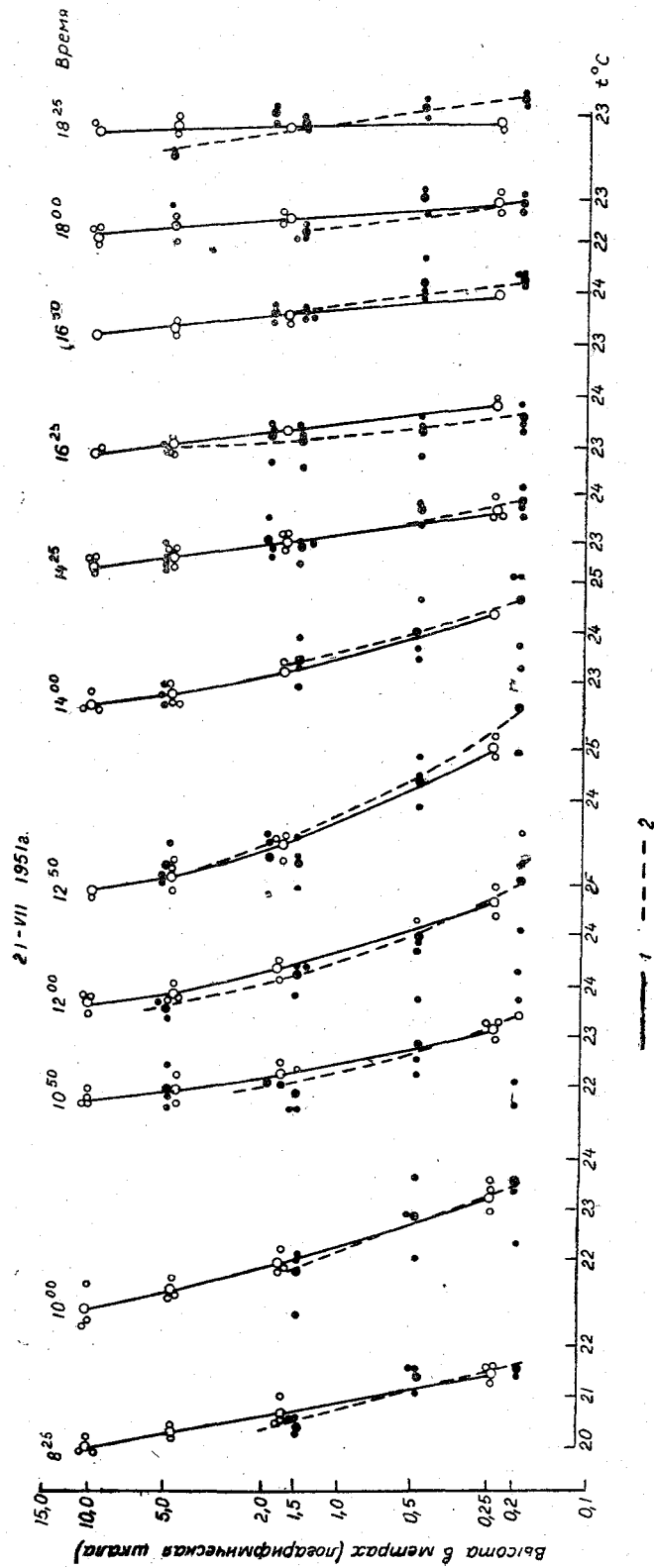


Рис. 4. Температура воздуха на разных высотах по данным аспирационных психрометров и термометров сопротивления.
 1 — средняя температура по данным градиентной установки, 2 — средняя температура по аспирационному психрометру.

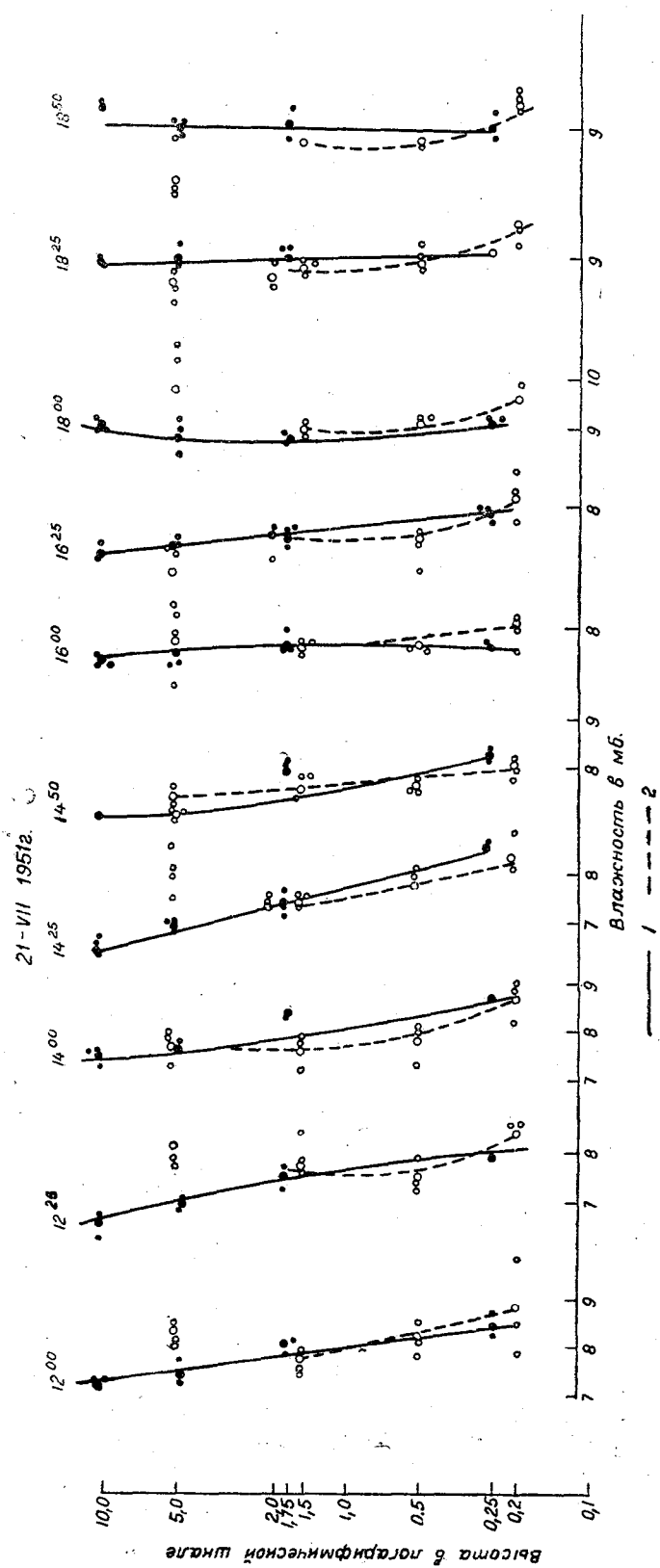


Рис. 5. Абсолютная влажность воздуха на разных высотах по данным аспирационных психрометров и термометров сопротивления
1 — средняя абсолютная влажность по данным градиентной установки, 2 — средняя абсолютная влажность по аспирационному психрометру.

Разброс отдельных отсчетов по психрометру, особенно на малых высотах, значительно сильнее, чем по термометрам сопротивления. Это объясняется тем, что система термометр — будка является более инерционной по сравнению с аспирационным психрометром.

Чтобы судить о величинах погрешностей отдельных отсчетов при измерениях температуры, производимых обоими методами, в табл. 11 приведены средние и максимальные значения отклонений от средних значений температур, вычисленные для каждого пункта наблюдений.

Средние и максимальные величины отклонений
воздуха за отдельные сроки для

	Аспирационные психро							
	Степь — пар					Пар в лесной клетке		
	0,20	0,5	1,5	2,0	5,0	0,20	50	150
Высота, м	0,20	0,5	1,5	2,0	5,0	0,20	50	150
Отклонения:								
средн. ($\pm$)	0,22	0,18	0,17	0,15	0,22	0,37	0,35	0,27
макс. ($\pm$)	1,3	0,9	0,8	0,7	0,6	1,2	0,8	0,7

Из приведенной таблицы видно, что 1) величина единичных отклонений от средней температуры убывает с высотой; 2) абсолютные значения отклонений для аспирационных психрометров больше, чем для термометров сопротивления.

Сильный разброс точек по аспирационным психрометрам указывает на то, что трех отсчетов за 10 мин. недостаточно для вывода среднего значения.

На основании рассмотренного материала можно сделать вывод, что, несмотря на некоторые недостатки схемы, узел температуры может быть использован для постановки градиентных наблюдений над температурой воздуха. При изготовлении опытной партии в схему узла желательно внести некоторые изменения, исходя из опыта работы аналогичных приборов.

Испытание узла влажности градиентной установки проходило в чрезвычайно неблагоприятных условиях (наблюдения велись во время сильной засухи при очень низких величинах влажности в нижнем слое воздуха), что не могло не сказаться на точности измерений влажности обоими методами, так как градиент влажности иногда оказывался в пределах ошибок измерения.

Однако даже при этих условиях параллельные наблюдения по аспирационному психрометру и термометрам сопротивления дали достаточно сравнимые результаты. На рис. 5 приведен пример распределения влажности с высотой по данным аспирационных психрометров и градиентной установки. Как видно из графика, средние значения абсолютной влажности воздуха, полученные обоими методами, на всех высотах (за исключением 5 м) не расходятся между собой в среднем более чем на 0,3—0,5 мм. Наибольшие расхождения абсолютной влажности (0,4—0,6 мм), полученной по данным аспирационных психрометров и градиентной установки, наблюдаются на нижних высотах (0,2—0,5 м), что объясняется, видимо, недостаточной аспирацией в будках, несмотря даже на наличие ветра. При малых скоростях ветра эти расхождения во влажностях между обоими методами распространяются и на большие высоты. Расхождение в средних влажностях на высоте 5 м объясняется недостаточно надежными показаниями термометров опрокидывающегося аспирационного психрометра. Чтобы по полученным разностям судить о сравнимости обоих методов, рассмотрим приведенные в табл. 12 средние и максимальные отклонения абсолютной и относительной влажности от их средних за 10 мин. значений для каждого метода в отдельности.

Из таблицы видно, что:

1) Единичные значения абсолютной влажности, полученные по аспирационному психрометру, отклоняются от их среднего значения в среднем на 0,2—0,5 мб, т. е. лежат в тех же пределах, что и отклонения между обоими методами.

2) При измерении влажности, так же как и при измерении температуры, вследствие большей инерции системы „будка — термометр сопротивления“ отклонения от средних влажностей по градиентной установке получились меньшими по сравнению с данными по аспирационным психрометрам.

Таблица 11

отдельных отсчетов от средних температур
трех пунктов наблюдений

метры				Термометры сопротивления							
Скошенный луг в лесной клетке				Степь — пар				Скошенный пар в лесной клетке			
0,2	0,5	1,5		0,25	1,75	4,9	11,0	0,5	2,1	5,7	8,5
0,26	0,24	0,21		0,11	0,10	0,1	0,09	0,18	0,19	0,14	0,16
1,7	1,4	1,8		0,4	0,3	0,3	0,2	1,4	1,0	0,9	0,8

Данные графика на рис. 5 и табл. 12 свидетельствуют о том, что узел влажности в градиентной установке конструкции экспериментально-макетной лаборатории можно использовать для высот, на которых будет иметь место хорошая естественная аспирация.

* * *

Как уже указывалось, для приближенных методов определения теплового баланса требуются измерения температуры и влажности воздуха и скорости ветра на высотах 50, 100 и 200 см.

Таблица 12

Средние и максимальные отклонения единичных наблюдений абсолютной и относительной влажности от средних за 10 мин. значений

	Абсолютная влажность, мб					Относительная влажность, %				
	по аспирационному психрометру					по градиентным установкам				
Высота, м .	0,2	0,5	1,5	2	5	0,20	1,75	4,9	11	0,2 0,5 1,5 2,0 5,0
Отклонения:										
ср. (±) .	0,3	0,3	0,2	0,3	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	1 1 1 1 2
макс. (±) .	2,0	2,2	1,0	1,3	1,7	1,0	0,6	0,5	0,4	8 6 4 6 9

Для измерения температуры и влажности воздуха на этих высотах могут быть использованы аспирационные психрометры (с часовым заводом или электрические) как обычного типа, так и дистанционные с смонтированными в них термометрами сопротивления.

Результаты измерения температуры и влажности воздуха по психрометрам берутся осредненными за 10 мин., в течение которых, как выяснилось из экспериментальных наблюдений, при сухой и жаркой погоде должно быть произведено для высоты 2 м не менее трех, а для нижних — не менее четырех-пяти отсчетов.

При пасмурной погоде и в ночное время число отсчетов на обеих высотах может быть ограничено двумя-тремя.

Измерение скорости ветра лучше всего производить с помощью контактных анемометров и регистратора к ним. При отсутствии контактных анемометров могут применяться и ручные анемометры с соблюдением при этом следующих условий:

1) Ввиду ограниченного срока эксплуатации ручные анемометры должны выставляться только на время работы (т. е. на 10 мин.).

2) По прошествии 50 час. непрерывной эксплуатации анемометры должны сверяться с контрольным анемометром, а при отсутствии последнего — сравниваются между собой. Для этого все анемометры должны устанавливаться на расстоянии 75 см друг от друга на высоте 1—1,5 м над землей и включаться по возможности одновременно на 10 мин. Скорость ветра (в м/сек.), полученная по каждому анемометру, не должна отличаться от средней скорости ветра, вычисленной по всем анемометрам, более чем на 0,2 м/сек. При большей разнице анемометр следует браковать.

3) После 150 час. непрерывной работы анемометры должны обязательно поверяться в бюро поверки.

Так же как при наблюдении над температурой и влажностью воздуха, скорость ветра должна вычисляться средней за 10 мин.

Сроки производства градиентных наблюдений при определении теплового баланса по сокращенной программе прежде всего должны совпадать с четырьмя основными сроками наблюдений, а в дневное время вестись через каждые 3 часа.

ВЫВОДЫ

1. Из анализа методов определения составляющих теплового баланса вытекает, что в настоящее время существуют достаточно простые и надежные методы определения составляющих теплового баланса, пригодные для использования их на гидрометсети.

2. Существующие методы определения теплового баланса основаны на использовании результатов градиентных измерений скорости ветра, температуры и влажности воздуха в приземном слое, не искаженных влиянием местных условий, т. е. при измерении их на открытом и ровном месте.

В зависимости от способа определения составляющих теплового баланса градиентные наблюдения делятся на две группы: наблюдения, проводимые по полной программе, и наблюдения, проводимые по сокращенной программе. Первые применимы на станциях обсерваторского типа, вторые — на любых гидрометеорологических станциях.

4. Разработанные Главной геофизической обсерваторией установки для градиентных измерений при испытании их в экспедиционных и полевых условиях, показали, что

а) отдельные блоки этих установок (контактные анемометры двух систем с регистратором импульсов) могут быть переданы для серийного изготовления опытной партии;

б) блок температуры и влажности воздуха при кратковременных полевых испытаниях показал удовлетворительный результат, однако блок требует проверки в эксплуатации на длительность действия;

в) методика измерения влажности воздуха с помощью электрических термометров сопротивления требует доработки, главным образом, в отношении определения аспирационных коэффициентов для каждой из принятых систем.

5. При постановке градиентных наблюдений по сокращенной программе, до изготовления дистанционных приборов, могут быть использованы существующие приборы: аспирационные психрометры — при условии проведения не менее 3—4 отсчетов за 10 мин. наблюдений и ручные анемометры — при условии введения частых сравнительных поверок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янишевский Ю. Д. Термоэлектрический актинометр Савинова новой конструкции. Труды ЦКБ, вып. 1, 1945.
2. Наставление гидрометстанциям и постам, вып. 5, 1945.
3. Янишевский Ю. Д. Балансометр для регистрации радиационного баланса и эффективной радиации. Труды ГГО, вып. 14 (76), 1949.
4. Лайхтман Д. Л. Новая формула для вычисления теплового потока в почве по экспериментальным данным. Труды НИУ, вып. 39, 1947.
5. Чудновский А. Ф. Физика теплообмена в почве. Гостехиздат, 1948.
6. Айзенштадт Б. А. и Черников В. Т. Определение термических характеристик (λ , K и c_p) грунта по методу мгновенного источника нагрева. Труды Института гидротехники АН Узб. ССР, вып. 2, 1947.
7. Руководство по определению агрогидрологических свойств почв на гидрометстанциях. ЦИИ, 1950.
8. Каганов М. А. и Чудновский А. Ф. Определение коэффициента температуропроводности по данным срочных измерений температуры. Изв. АН СССР, № 5, 1948.
9. Лайхтман Д. Л. О точном методе получения коэффициента температуропроводности почвы. Труды ГГО, вып. 2, 1947.
10. Цейтин Г. Х. О новом методе вычисления коэффициента теплопроводности почвы. Труды ГГО, вып. 22 (4), 1950.
11. Айзенштадт Б. А. О непосредственном определении компонент теплового баланса поверхности земли. Инф. сборн., № 1, Гидрометеиздат, 1951.
12. Лайхтман Д. Л. Профиль ветра и обмен в приземном слое воздуха. Изв. АН СССР, серия геогр. и геофиз., т. 8, № 1, 1946.
13. Будыко М. И. Турбулентный обмен в нижних слоях атмосферы. Метеорология и гидрология, № 2, 1946.
14. Лайхтман Д. Л. и Тимофеев М. П. Турбулентный обмен в нижних слоях атмосферы. Труды ГГО, вып. 29 (82), 1949.
15. Тимофеев М. П. и Огнева Т. А. Оперативный метод определения коэффициента турбулентного обмена на основании наблюдений над вертикальным профилем ветра. Расчет теплообмена и влагообмена земля — воздух. Труды ГГО, вып. 20 (82), 1949.
16. Щербакова Л. Ф. Исследование некоторых способов характеристики турбулентного обмена на основе данных наблюдений в нижнем слое атмосферы. Труды ГГО, вып. 16 (78), 1949.
17. Гандин Л. С. Сравнительный анализ некоторых методов определения коэффициента турбулентного перемешивания. Труды ГГО, вып. 16 (78), 1949.
18. Временная инструкция по организации и производству наблюдений над испарением с почвы. Издание ГГИ, 1951.
19. Будыко М. И. Испарение в естественных условиях. Гидрометеиздат, 1948.
20. Щербакова Л. Ф. Термометры электрического сопротивления для наблюдения над вертикальным распределением температуры воздуха. Метеорология и гидрология, № 1, 1948.
21. Борушко И. С., Кириллова Т. В., Кучеров Н. В., Тимофеев М. П. Инструкция по наблюдению над компонентами теплового баланса. Труды ГГО, вып. 27 (89), 1951.
22. Волошинова Г. А. Сравнение различных методов определения коэффициента температуропроводности. Труды ГГО, вып. 22 (84), 1950.
23. Тимофеев М. П. О методике определения компонент теплового баланса подстилающей поверхности. Труды ГГО, вып. 27 (89), 1951.

ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Практический и теоретический интерес к количеству осадков, выпадающих в том или ином месте, заставляет изыскивать методы и приборы, учитывающие достаточно точно этот весьма нужный, но непостоянный во времени и в пространстве гидрометеорологический элемент.

Существующие на метеорологической сети дождемерные установки только приближенно дают количество выпадающих осадков. В зависимости от типа установки и условий погоды недоучет зимних осадков, как ниже показано, может достигнуть 70 и даже 200% — например, при выюгах в северных и восточных областях СССР.

Задачей исследователя и конструктора является создание такой установки, которая бы достаточно надежно учитывала количество атмосферных осадков как в жидком, так и в твердом виде.

Дождь, крупа, град и в особенности снег принадлежат к числу метеорологических элементов, отдельные суточные суммы которых колеблются от весьма малых до весьма значительных величин.

Точность измерения этих величин не одинакова для различных сумм осадков. Наличие осадков порядка 0,1—0,5 мм за сутки является показателем определенного типа погоды. Точный количественный учет этих величин имеет существенное значение в общей сумме осадков за месяц.

В осенние и зимние периоды упомянутые величины в сумме составляют значительные количества влаги, благодаря сравнительно частой повторяемости дней с малым количеством осадков.

Резко выраженная асимметрия кривой распределения осадков приводит в процессе обработки к систематическим ошибкам при округлении суточных данных. Так, например, суммируя осадки с точностью до 0,1 мм в интервале от 0,1 до 1,4 мм, получаем величину, равную 10,5 мм; та же сумма в том же интервале с округлением до 0,5 мм дает только 9 мм, т. е. получается недобор в 1,5 мм. Если подсчитать количество осадков в 0,1 мм, недоучтенное дождемером, то при пересчете на поверхность в 1 км² эта ничтожная величина даст количество воды, равное 100 т.

Служба климата для единичных измерений величин осадков требует следующей точности:

Таблица 1

Относительная погрешность, %	Количество осадков						
	0,1—0,2	0,3—0,5	0,5—1,0	1—2	2—4	4—8	8—15
Средняя	25	20	15	12	10	8	6
Предельная	50	—	—	25	—	—	12

Точность учета осадков не должна превосходить величины погрешностей, приведенных в табл. 1.

Для решения практических задач следует требовать для количеств осадков до 1 мм точности измерения в 0,1 мм, от 1 до 3 мм — в 0,2 мм и при осадках в 5—0,5 мм.

Систематическая предельная погрешность прибора не должна превышать 0,5%, так как неувязка в 1% реально ощущается на климатических картах.

На установки, учитывающие количество атмосферных осадков любого вида, не должны влиять скорость и направление ветра.

Известно, что существующие приборы измеряют более или менее верно атмосферные осадки в условиях штиля или слабого ветра; при скоростях ветра примерно с 2—3 м/сек. любая установка является препятствием для воздушного потока, который обтекает ее с повышенной скоростью и только на некотором от нее расстоянии приобретает свою первоначальную скорость.

Над приемным отверстием прибора поток воздуха образует с наветренной стороны как бы воздушный козырек повышенной скорости, который препятствует попаданию в приемный сосуд мелких капель дождя и в особенности снежинок. Внутри приемного сосуда образуются вихри, которые частично (а при больших скоростях — и полностью) выносят попадающий в него снег.

Аэродинамический эффект такого обтекания неоднократно наблюдался многими исследователями.

В 1930 г. Г. И. Орловым [2] по указанию Главного управления гидрометслужбы стали проводиться сравнительные испытания существующих систем и типов дождемеров на лесной поляне и на открытом полевым участке метеорологической обсерватории в Павловске.

Подробно исследовались защиты заборного типа. Показания приборов зависели от степени защищенности окружающей местности. В литературе имеются указания, что в начале был построен планочный забор, в центре которого устанавливалось дождемерное ведро. В дальнейшем этот тип защиты был оставлен и вместо него стали устанавливать ведро внутри сплошного забора.

Рассматривая поведение воздушного потока при встрече с защитой в виде сплошного забора, нетрудно видеть, что с наветренной стороны забора образуется вихревая зона, способствующая накоплению снега. По мере накопления снега как выпадающего, так и переносимого поземком, сугроб придвигается вплотную к вертикальной стенке забора, смыкается с ней и в дальнейшем начинается переметание снега внутрь огороженного забором пространства. Внутри забора в свою очередь образуется площадь завихрения, которая может быть разделена на три основных зоны, показанные на рис. 1 цифрами I, II и III.

В зоне I образуется вихрь с горизонтальной осью, параллельной кромке забора, который движется против часовой стрелки. В зоне III воздушный вихрь вращается также вокруг горизонтальной оси, параллельной краю забора, но по направлению часовой стрелки. Такого рода движение воздуха в части III способствует переносу снега обратно к стенке и заставляет его отлагаться в зоне II. Размеры образующихся в зоне II отложений зависят от количества переносимого снега и скорости ветра. Чем больше скорость ветра, тем сильнее снег переносится из зоны III в зону II. Эти отложения по мере роста сугроба продвигаются к подветренной стенке забора и в конце концов заполняют все три зоны.

В конце зоны III вихревой поток не имеет установившегося направления. Движение воздуха в этой части площади завихрений турбулентно и направляется на небольшом протяжении то к внутренней стенке забора, то от нее. В табл. 2 приведены координаты кривой, ограничивающей площадь завихрений при высоте h стенок забора.

Скорость ветра за подветренной стороной быстро падает, и снег начинает отлагаться на подветренной стороне. Как видно из диаграммы рис. 2, минимальная

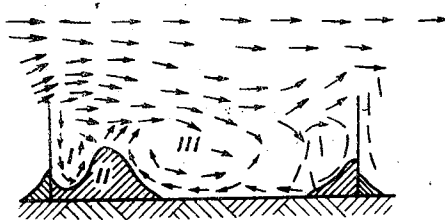


Рис. 1.

скорость ветра внутри забора имеет место у подветренной стороны, а при выходе на наветренную сторону достигает максимума, который далее быстро выравнивается до первоначальной скорости. Помимо скорости ветра, величины снегопада и рельефа местности, мощность снеговых отложений зависит от качества снега.

Таблица 2

Координаты		Высота, м										
x		0,0	0,65	1,30	1,95	2,60	3,25	3,90	4,55	5,20	5,85	6,50
y		1,0	0,97	0,95	0,87	0,82	0,75	0,65	0,57	0,42	0,27	0,0

Оставляя в стороне многочисленные данные о физических свойствах снега, освещенные в специальной литературе (Б. П. Вейнберг [3]), отметим, что следует различать две основные разновидности снега: влажный, выпадающий крупными хлопьями, и сухой, в виде мелких снежинок.

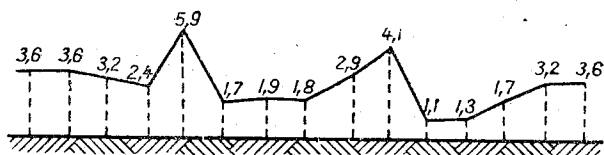


Рис. 2.

Влажный снег выпадает обычно в начале и конце зимы или во время оттепелей. Будучи значительно тяжелее сухого снега (плотность от 0,2 и выше), он отлагается более равномерно и труднее переносится ветром. Сухой снег, выпадающий при температуре ниже -10° , весьма подвижен, легко переносится ветром и способен быстро образовывать сугробы у заборной защиты (рис. 3). Так, например, в восточных частях Сибири достаточно одной пурги, чтобы заборная защита была полностью занесена снегом. Очистка занесенной защиты весьма трудоемка и не под силу наблюдателю.

Защита решетчатого типа заносится в меньшей степени, так как воздушный поток проходит через промежутки между ее планками (рис. 4). Перед решеткой



Рис. 3.



Рис. 4.

в области повышенного давления образуется сугроб, нарастающий, однако, медленнее, чем при сплошном заборе, вследствие уменьшения живого сечения ветрового потока и соответствующего увеличения скорости ветра. По этой причине снег, проходящий через решетку, не отлагается до тех пор, пока скорость ветра не упадет до первоначальной величины. По мере продолжения метели сугробы, образующиеся перед защитой и за ней, увеличиваются настолько, что, несмотря на ускорение ветрового потока у самой решетки, происходит полное смыкание сугробов. В результате наблюдений установлено, что решетчатые защиты при вертикальных стенках должны иметь отношение площади отверстий к площади, заполненной материалом, как 1:2; при наклонной защите это соотношение должно увеличиваться до 1:1.

Сетевые испытания сплошной двойной заборной защиты обнаружили влияние сугробообразования на количество измеряемых осадков. Заборные защиты дают для количества осадков ошибку (рис. 5), зависящую от характера выпадающих осадков и скорости ветра. В зимы со слабым ветром показания дождемера в заборной

защите, как правило, преувеличены. На рис. 6 приведены показания дождемера, полученные по прибору, установленному обычным образом на той же площадке за то же время.

Таким образом, заборные защиты дают еще более неопределенный результат по сравнению с обычным дождемером. Эти выводы получены на основании десятилетней работы Г. И. Орлова и автора.

Одновременно с исследованиями заборной защиты велись работы по усовершенствованию сетевого дождемера.

Путем изучения аэродинамического спектра модели или самого прибора пытались улучшить качества установки, вводя в конус защиты дополнительные диафрагмы

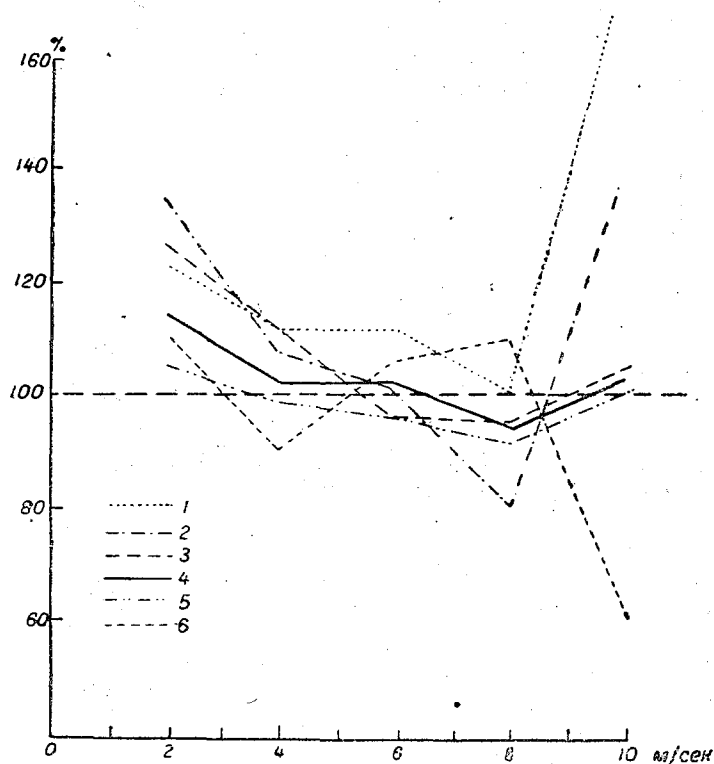


Рис. 5. Дождемер в двойной заборной защите.

1 — зима 1940/41 г., 2 — зима 1939/40 г., 3 — зима 1938/39 г., 4 — зима 1935/36 г., 5 — зима 1937/38 г., 6 — зима 1936/37 г.

или снабжая край конуса горизонтальным кольцом, как это было рекомендовано самим Нифером и исследовано С. Л. Бастамовым [4].

Оригинальная защита Нифера имела в качестве продолжения верхней кромки конуса сетчатое горизонтальное кольцо шириной 18 см. В дальнейшем от него отказались, так как при снегопадах на нем скапливался снег, в последующем сносившийся ветром в приемный сосуд, давая преувеличенную величину осадков. При сильных ветрах, как было исследовано автором, горизонтальное кольцо не дает существенных преимуществ даже при наличии крестовины, вставленной в приемный сосуд.

Рисунок 7 иллюстрирует зависимость от скорости ветра показаний дождемера с горизонтальным кольцом при наличии крестовины и без нее.

Другие авторы (Стивенсон, 1850 г.) решали эту задачу путем помещения измерителя на одном уровне с поверхностью земли, предполагая, что непосредственно у земли скорость ветра около нуля. В действительности это наблюдается в редких случаях, и у поверхности земли существует перенос частиц, который в зимних

условиях полностью нарушает работу установки. При затяжных ливневых осадках эти установки дают преувеличенные показания за счет снега, переносимого поземком, или забрызгивания при дожде.

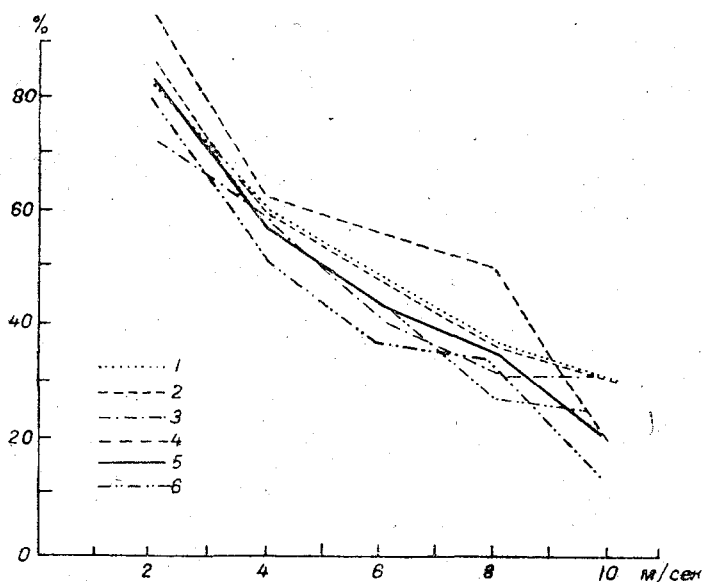


Рис. 6. Дождемер с конусной защитой.

1 — зима 1938/39 г., 2 — зима 1936/37 г., 3 — зима 1939/40 г., 4 — зима 1938/39 г., 5 — зима 1935/36 г., 6 — зима 1937/38 г.

На основании анализа материалов, собранных Г. И. Орловым, и личных наблюдений за поведением различных систем дождемеров как в естественных, так и лабораторных условиях, в 1941 г. автором был разработан прибор, названный осадкомером.

В 1942 г. в Высокой Дубраве Свердловской области впервые были установлены 2 опытных образца нового типа осадкомера, выполненные механиком обсерватории Коптяевым (рис. 8).

Осадкомер состоит из особой формы планочной защиты 6, тагана 1 и двух приемных сосудов 3. Приемный сосуд 3 имеет площадь в 200 см^2 и изготавливается цилиндрической формы, диаметром $159,5 \pm 0,2 \text{ мм}$, высотой $400 \pm 1 \text{ мм}$; внутри сосуд разделен усеченной конусной диафрагмой 8 с отверстием в 80 мм, угол конусности 45° . Верхний срез диафрагмы расположен на 210 мм ниже приемного отверстия ведра. С внешней стороны припаян сливной носок 9, заподлицо с основанием диафрагмы, для сливания осадков в измерительный стакан. Для предохранения от испарения на период жидких осадков отверстие диафрагмы закрывается конусной воронкой (антииспаритель). На зиму антииспарительная воронка вынимается и вкладывается весной с наступлением теплой погоды. Сосуд устанавливается в тагане, укрепленном в центре защиты.

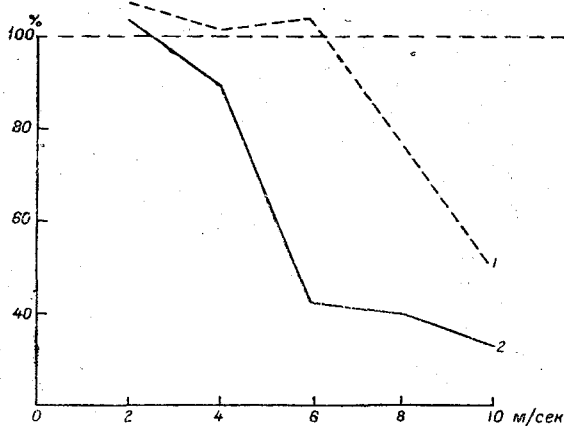


Рис. 7. Дождемер с защитой Бастамова.

1 — с крестовиной, 2 — без крестовины.

Для сливания осадков в измерительный стакан. Для предохранения от испарения на период жидких осадков отверстие диафрагмы закрывается конусной воронкой (антииспаритель). На зиму антииспарительная воронка вынимается и вкладывается весной с наступлением теплой погоды. Сосуд устанавливается в тагане, укрепленном в центре защиты.

Достаточная глубина ведра исключает возможность выноса из него снега.

Планочный конус защиты осадкомера имеет горизонтальное продолжение верхних концов пластин, которые при сильном ветре отклоняются и изменяют масштаб завихрений, разбивая сплошной вихрь, перекрывающий отверстие приемника. Приемный сосуд сделан максимально глубоким и легкодоступным для осмотра и промывки. На горизонтально укрепленном кольцевом стержне 3 (диаметр кольца 800 мм, толщина стержня 9 мм) подвешены с промежутками в 4—5 см металлические планки 6; в первом варианте их было 20 штук. Как показали дальнейшие исследования этой защиты, число планок оказалось возможным без ущерба для дела

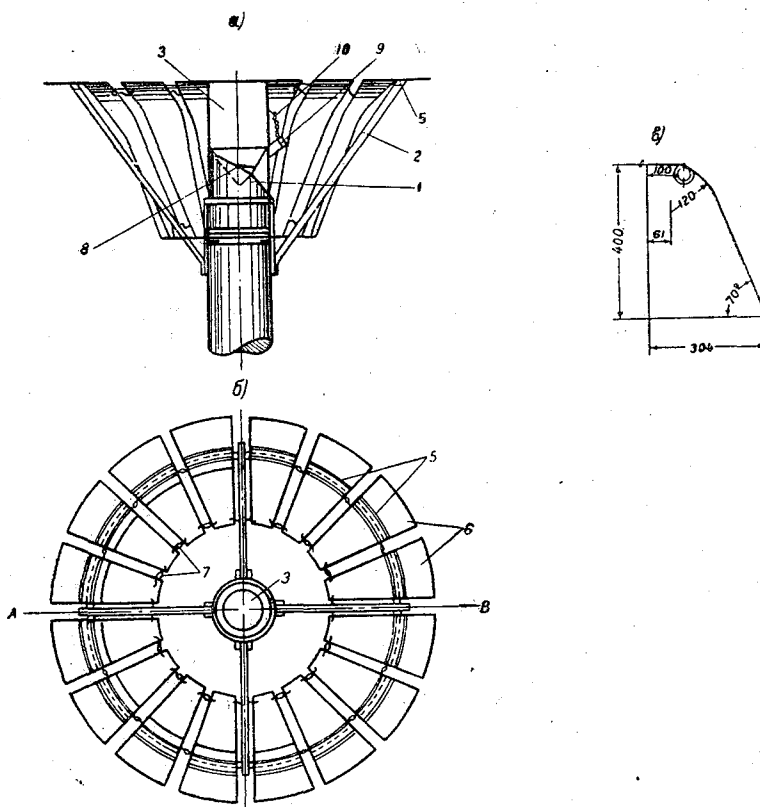


Рис. 8. Осадкомер.
а — разрез по А — В, б — вид сверху.

уменьшить до 16 штук. Верхние концы пластин, отогнутые во внешнюю сторону, образуют над кольцевым стержнем горизонтальную плоскость. Внизу иверху пластины стянуты отрезками цепочки 7, так что планки создают конус, образующая которого наклонена под углом в 70° . Форма планки — равнобедренная трапеция. Расстояние между планками одинаковое на всей их длине и равно 5 см. При ветре планки отклоняются от заданного положения (нарушая горизонтальность отогнутых краев) и, не изменяя зазора между пластинами, стряхивают осевший на них снег.

Решетчатая защита такого типа способствует тому, что, как известно из работ аэродинамической лаборатории Рябушинского [5], приемный сосуд, благодаря турбулизирующему действию защиты, будет находиться в значительно лучших условиях обтекания, и снежинки будут беспрепятственно падать в ведро.

Экспериментальная продувка модели осадкомера в аэродинамической трубе подтвердила вышеупомянутый эффект Рябушинского. Была установлена обратная

зависимость между масштабом модели прибора и скоростью потока. Чтобы соблюсти указанное подобие, оказалось необходимым, уменьшая модель в 5 раз, скорость потока в трубе увеличить в то же число раз. Эта зависимость была экспериментально установлена автором в 1939 г.

Приемное отверстие сосуда и отогнутые края защиты должны находиться в одной плоскости. Дальнейшие исследования показали, что несоблюдение уровня приемного отверстия и краев защиты (в пределах ± 3 см) не сказывается на количестве осадков. Однако в целях однотипности установок следует избегать указанных отклонений.

Наилучшим материалом для изготовления осадкомеров является листовое железо, покрытое цинком горячим способом.

В 1943 г. на основании предварительных данных, полученных в Обсерватории Высокая Дубрава, Методической комиссией Главной геофизической обсерватории

было вынесено решение об изготовлении 25 комплектов осадкомеров и проведении испытаний осадкомера по разработанной программе в различных физико-географических условиях СССР. Трудности этого периода позволили провести систематические испытания нового осадкомера только в девяти пунктах Советского Союза.

Полученный в последующие годы материал сравнений показаний осадкомера с данными дождемера в конусной защите и результатами снегоъемок позволил сделать обоснованный вывод, подтвердивший положительные результаты предварительных испытаний (рис. 9).

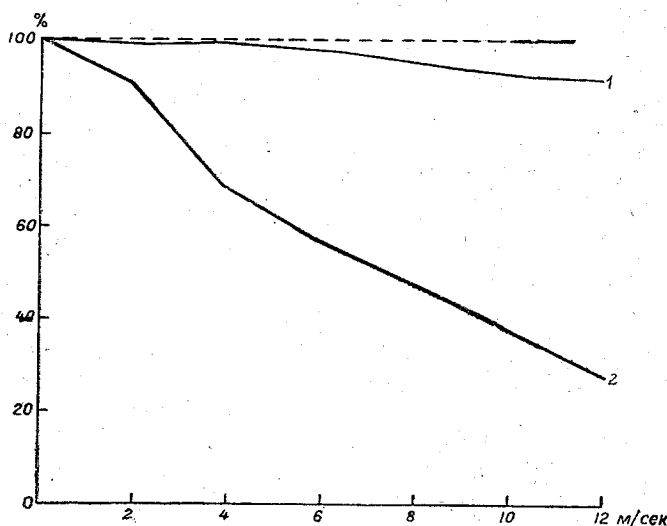


Рис. 9.

1 — осадкомер, 2 — дождемер.

Зимние параллельные наблюдения над количеством осадков, учитываемых обычным дождемером (в защите Нифера) и осадкомером, производились в девяти пунктах, расположенных в различных климатогеографических точках СССР в период с 1943 по 1949 г. Всего обработано более 10 000 серий наблюдений, на основании которых получены нижеследующие величины недоучета количества осадков, измеренных сетевым дождемером, по сравнению с данными, полученными по осадкомеру и путем подсчета запасов воды на основании снегоъемок.

Итоговые количества осадков по месяцам и станциям приведены в табл. 3.

Наибольшая разность между показаниями дождемера и осадкомера падает на март, богатый метелями, и дает величину недоучета осадков дождемером в 59%; по суммам средний годовой процент недоучета снежных осадков дождемером равен 49%.

В табл. 4 показана зависимость средних величин разностей показаний дождемера в конусной защите и осадкомера в планочной защите от скорости ветра.

С возрастанием скорости ветра (см. график на рис. 5) средняя величина разности растет и в процентном отношении к измеренному количеству осадков составляет 12% при 2 м/сек., достигая 260% при скоростях ветра в 30—40 м/сек. Табличные значения от 10 м/сек. и выше в основном ориентировочные, так как получены по данным наблюдений одной закавказской горной станции Мта-сабуети.

Таблица 3

Станции	Декабрь		Январь		Февраль		Март		Сумма	
	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О
Мтасабуети, поле	12,0	27,6	38,7	71,3	43,3	74,6	33,7	62,4	127,7	235,9
Мтасабуети, лес	16,8	23,8	61,4	90,9	72,6	127,4	60,7	125,6	211,5	367,7
Новосибирск	23,6	35,4	7,2	9,3	4,3	5,5	13,9	34,0	49,0	84,2
Боровичи	29,2	39,7	46,3	84,1	16,5	29,5	21,4	35,5	113,4	188,8
Высокая Дубрава	15,3	22,9	17,3	26,1	11,5	19,8	29,4	43,4	73,5	112,2
Валдай	20,9	22,9	25,3	28,8	20,6	24,5	18,0	24,9	84,8	101,1
Куйбышев	11,9	16,2	18,4	23,0	3,7	4,3	16,2	22,7	50,2	66,2
Ташкент	42,3	51,3	56,0	59,0	56,9	59,6	62,9	64,5	218,1	234,4
Химки	22,7	26,8	7,7	13,9	9,3	10,9	16,0	19,2	55,7	70,8
Сумма	194,7	266,6	278,3	406,4	238,7	356,1	272,2	432,2	983,9	1461,3
Разность (Д — О)	-71,9		-128,1		-117,4		-160,0		-477,4	
Недоучет осадков дождемером, %	37		46		49		59		49	

Примечание. Д — дождемер с конусной защитой, О — осадкомер Третьякова.

Таблица 5 дает представление о влиянии размера и вида защиты, высоты установки дождемеров над поверхностью земли в сравнении с результатами снего-сьеомок. Данные взяты из наблюдений Химкинской опытной станции и Высокой Дубравы.

Таблица 4

Скорость ветра (м/сек.) в интервале	Средние значения разностей показаний Д — О	Средняя величина недоучета осадков дождемером, %	Скорость ветра (м/сек.) в интервале	Средние значения разностей показаний Д — О	Средняя величина недоучета осадков дождемером, %
1—2	-0,23	12	10—15	-2,4	67
2—4	-0,46	22	15—20	-3,8	98
4—6	-0,52	35	20—25	-5,5	150
6—8	-0,96	34	25—30	-12,2	180
8—10	-1,13	42	30—40	-7,3	260

Примечание. Д — дождемер с конусной защитой, О — осадкомер Третьякова.

Таблица 5

Месяцы	Дождемер, S=500 см ²		Осадкомер S = 200 см ²		Высота столба воды по весо- вому снего- меру, мм
	Защита				
	конусная	планочная	планочная		
	d=750 мм	d = 800 мм	d=800мм	d=500мм	
XII	22,7	23,2	26,8	24,1	27,0
I	7,7	6,5	13,9	11,8	14,5
II	9,3	9,6	10,9	10,2	10,5
III	16,0	18,4	19,2	19,1	20,0
Недоучет осадков, %	23	20	2	10	—

Примечание. S — приемная площадь, d — диаметр защиты.

Как видно из табл. 5, показания осадкомера в защите диаметром 800 мм не отличаются от данных, полученных на основании снегосъемок, произведенных весовым снегомером. Обычный сетевой дождемер, установленный в тех же условиях, недоучитывает более 20% твердых осадков. Наиболее рельефно эта особенность установки дождемера сказывается при повышенных скоростях ветра, которые наблюдались за год до сетевых испытаний на метстанции Высокая Дубрава на площадке и на 22-метровой вышке (табл. 6).

Таблица 6

Месяцы	На площадке			На вышке		Высота столба воды по снего- съемке, мм
	Дождемер		Осадко- мер	Дожде- мер	Осад- комер	
	основной	запасной				
XII	6,6	6,0	10,0	4,0	8,5	9,6
I	18,1	17,6	26,8	20,2	27,0	28,1
II	5,2	4,8	9,7	5,8	9,7	10,7
III	15,4	14,8	22,1	14,0	21,0	20,8
Недоучет осадков, %	35	52	i	22	4	—

Здесь мы видим, что показания осадкомера устойчивы и почти не отличаются от величин, полученных на основании снегосъемок. Обычный же сетевой дождемер дает различные величины, хотя и установлен в тех же условиях, что и осадкомер. Разница в показаниях двух рядом стоящих дождемеров достигает 17%, в то время как разница между осадкомерами, стоящими на различных высотах (2 и 22 м), дает расхождение всего около 3%. Различие в скоростях ветра на площадке и вышке превышало трехкратное значение.

Аэродинамические свойства планочной защиты осадкомера таковы, что над приемным отверстием сосуда при ветре не образуется сплошная зона повышенных скоростей потока, препятствующая снежинкам проникать внутрь ведра, как это было показано на конусной защите исследованиями Бастамова [1] в аэродинамической трубе.

Наблюдения за поведением снежинок при их падении внутрь приемного сосуда осадкомера и ведра Нифера убеждают в том, что малая относительная глубина обычного дождемера способствует образованию внутри ведра вихря, усиливающегося с возрастанием скорости потока. Образовавшийся внутри ведра вихрь создает условия для уноса из ведра снеговых частиц. Попытки уменьшения этого явления путем вкладывания внутрь ведра крестовины, например, в дождемере Гельмана [6], не дали определенного результата, в то же время в случаях выпадения влажного снега крестовина способствует налипанию снежинок и уменьшению приемного отверстия сосуда. В обычных условиях наличие крестовины не оказывает заметного влияния на количество снежных осадков, так как сосуд осадкомера сделан достаточно малым по диаметру и глубоким, что полностью обеспечивает сохранность осадков от выдувания. Попытки применять раствор хлористого кальция и слоя керосина для уменьшения влияния выдувания из обычного дождемерного ведра площадью в 500 см² не дали положительного результата, в то время как обращение с наполненным этими веществами дождемерным ведром вызвал ряд замечаний и затруднений в работе наблюдателя, внося в результаты неопределенность.

Табл. 7 характеризует геометрические размеры сосудов, принятых на метеорологических станциях мира.

Как видно, геометрические размеры сосуда осадкомера выгодно отличаются от существующего дождемерного ведра в 500 см² и значительно лучше размеров дождемеров, применяемых за рубежом.

Во время испытания осадкомера на опытной станции ЦКБ в Химках исследовался вопрос о применимости защиты осадкомера к обычному дождемерному ведру

в 500 см². Исследование показало, что установка дождемерного ведра обычного габарита в осадкомер с планочной защитой, размеры которой разработаны и исследованы для сосуда с приемной площадью в 200 см², не дает существенных преимуществ по сравнению с конусной защитой типа Нифера (табл. 5). Процент недоучета снега по дождемерному ведру в защите от осадкомера составляет 20%,

Таблица 7

Страна	Приемное отверстие, см ²	Диаметр, мм	Высота, мм	Глубина приемной части, мм	Отношение глубины к диаметру
СССР	500	252	400	280	1,1
США	200	160	400	400	2,5
Англия	323	203	610	310	1,35
Западноевропейские страны	120	127	480	160	1,3
	200	160	440	260	1,6

уменьшение же диаметра планочной защиты, не изменяя приемной площади сосуда, дает недоучет в 10%. Таким образом, чтобы получить оптимальные данные для приемной площади ведра в 500 см², установленного в планочную защиту, необходимо заново перерассчитать и исследовать такую установку в естественных условиях, а также увеличить глубину дождемерного ведра хотя бы путем уничтожения диафрагмы. Эти два мероприятия потребуют переделки существующих ведер и изготовления планочной защиты большого габарита, что по затратам материалов и рабочего времени будет в несколько раз больше, чем для изготовления установки осадкомера, на которую требуется в два раза меньше материалов, чем на изготовление дождемера.

В отношении осадков жидкой формы различия в конструкциях приборов не существенны. Очевидно, что аэродинамические условия, создаваемые ветром при встрече с установкой, оказывают небольшое влияние на жидкую форму осадков, чего нельзя сказать, как выше было показано, относительно снега. Полученные значения корреляционной зависимости подтверждают малое отличие в показаниях различных типов дождемеров.

Для удобства сравнения приведем полученные средние разности в показаниях дождемер — осадко мер.

Дождемер — осадкомер	0,011 или 1,1%
Дождемерное ведро в планочной защите — осадкомер	0,026 " 2,6%
Уменьшенная защита осадкомера — осадкомер	0,017 " 1,7%
Английский дождемер — осадкомер	0,018 " 1,8%

Наблюдавшиеся отклонения находятся в пределах точности измерений, за исключением установки дождемерного ведра, в котором сама защита геометрически мала по сравнению с диаметром приемного отверстия сосуда.

При ливнях, сопровождающихся шквалами, наблюдались большие расхождения между показаниями сетевого дождемера и остальными установками. Эти расхождения были в сторону увеличения данных дождемера и объяснялись обилием брызг, отскакивающих от сплошной конусной защиты внутрь ведра.

Планочная защита полностью устраняет обнаруженный аэродинамический дефект сплошной конусной защиты.

Попутно была определена величина ошибки от испарения. Оказалось, что эта ошибка может достигнуть величины слоя в 0,8 мм за отрезок времени между сро-

ками наблюдений (7—19 час.) в жаркий и ветреный день, если сосуд не имеет диафрагмы и носок не закрыт колпачком 9 (см. рис. 8). Отсутствие только колпачка вызывает усыхание накопленных сосудом осадков в 0,2 мм.

Исследования потерь на испарение в сухие (относительная влажность воздуха 5—30% при температурах 20—35°) и ветреные (при скорости ветра в 8—14 м/сек.) дни, проведенные И. Е. Воробьевым во время экспедиции методического отдела ГГО в районе пустыни Кара-Кум в октябре—ноябре 1948 г. (табл. 8), дали следующие сравнительные числа (в делениях стакана).

Таблица 8

Прибор	За час	За ночь	Потеря от смачивания стенок ведра
Дождемер с конусной защитой	0,4	0,4	1,0
Осадкомер Третьякова	0,6	1,0	1,0

Чтобы исключить ошибку от испарения, следует рекомендовать производить измерения осадков вскоре после их выпадения, не откладывая до положенного срочного измерения. Это мероприятие является существенным для засушливых районов, где количество выпадающего дождя мало и, кроме того, такие измерения позволили бы количественно охарактеризовать интенсивность осадков, тем более, что наблюдатель обязан фиксировать начало и конец их выпадения.

В заключение следует отметить, что исследование конструкции планочной защиты открывает возможность к созданию и развитию суммарных осадкомеров, позволяющих увеличить дождемерную и снегомерную сеть путем установки приборов в труднодоступных местах и выше 2 м от поверхности земли. Кроме того, данные, полученные по наблюдениям с осадкомером, позволят уточнить количество выпавших осадков, не учитываемое дождемером, путем получения поправочного коэффициента к данным дождемера в зависимости от скорости ветра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бастамов С. А. и Виткевич В. И. Аэродинамические спектры дождемеров. Труды I Всероссийского гидрологического съезда, 1929.
2. Орлов Г. И. К вопросу об измерении снежных осадков. Труды НИУ ГУГМС, вып. 23, 1946.
3. Вейнберг Б. П. Лед. ГИТТЛ, М.—Л., 1940.
4. Бастамов С. А. Исследование заборной защиты дождемеров. Бюллетень Гос. геофиз. института, № 36, 1926.
5. Лойцянский Л. Г. Аэродинамика пограничного слоя. ГТТИ, 1941.
6. Kleinschmidt E. Handbuch der Meteorologischen Instrumente, Berlin, 1935.
7. Middleton W. E. Meteorological Instrumente. Canada, 1943.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОКАЗАНИЙ ДОЖДЕМЕРА И ОСАДКОМЕРА ТРЕТЬЯКОВА ПО МАТЕРИАЛАМ СЕТИ СТАНЦИЙ

При определении количества осадков дождемером со сплошной конусной защитой вследствие неудачной его конструкции (образование вихревых потоков около дождемерного ведра) приходится сталкиваться с некоторыми специфическими трудностями, которые резко обнаруживаются в зимний период. Эти трудности обуславливаются главным образом выдуванием снега из ведра или надуванием его во время низовой метели. На степень достоверности показаний дождемера влияет также место установки прибора. Таким образом, на каждой станции как бы создается для приборов свой режим.

Для того чтобы получить более надежные данные, необходимо было создать такую защиту у дождемера, которая предохраняла бы отверстие дождемерного ведра от завихрений значительно лучше, чем конусная защита. Такое усовершенствование было введено в осадкомере Третьякова.

Различие между дождемером и осадкомером заключается не только в конструкции защиты, но и в диаметре и глубине дождемерного ведра.

С целью выявления преимуществ и недостатков сравниваемых приборов — осадкомера Третьякова и дождемера со сплошной конусной защитой — на сети гидрометстанций были организованы параллельные наблюдения. Наблюдения по приборам велись обычным порядком в установленные наставлением гидрометстанциям и постам сроки. Оба прибора находились в одинаковых условиях и на одной высоте. Результаты наблюдений были обработаны и представлены в данной статье. При обработке учитывалось положение приборов относительно окружающих предметов и степень защищенности участка.

Из поступившего в распоряжение ГГО материала были просмотрены наблюдения 18 УГМС с общим числом 257 годостанций, из которых были отобраны для окончательного вывода 108, дающих непрерывный и надежный ряд. В это количество не вошла довольно большая часть станций, наблюдения которых также были просмотрены и подтверждали полученные нами выводы, но результаты их не использованы при обработке вследствие неполноты данных. При анализе материалов на некоторых станциях обнаружился ряд дефектов, связанных с установкой осадкомера, его расположением, неправильной сборкой самого прибора и т. д. Все это приводило к тому, что наблюдения приходилось браковать.

Обработка материала наблюдений была проведена математико-статистическим методом, или так называемым методом карточек. Сущность его заключается в следующем. В карточку заносились показания сравниваемых приборов за каждый день с осадками, наименование станций, управления, тип участка, характер, интенсивность и время выпадения осадков, соответствующие этому моменту направление и скорость ветра по флюгеру; температура, влажность, высота снегового покрова

по снегомерной рейке и разность показаний осадкомер — дождемер. Карточка размером 6,5×9 см составлялась по следующей форме:

УГМС станция тип участка время
дата
Скорость и направление ветра температура
Характер осадков Время выпадения осадков
Влажность Высота снежного покрова
Показание осадкомера } Разность
Показание дождемера }

Карточки сортировались в зависимости от разности осадкомер — дождемер (О—Д), ветра, характера и количества осадков, высоты снежного покрова. Материал, полученный со станции, обрабатывался отдельно в зимнее и летнее полугодия по твердым и жидким осадкам. В первую очередь были обработаны зимние данные, представляющие наибольший интерес.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ

1. Твердые осадки

Общее число наблюдений за количеством выпавших осадков по всем упомянутым станциям составляет 14 008 случаев, из которых 6411 случаев падает на зимний период, из них 3610 случаев регистрируются как твердые осадки и осадки с общими и низовыми метелями; 2801 случай мокрого снега, смешанных и жидких осадков. Под смешанными осадками понимаются осадки разного вида, выпадающие между сроками измерения.

Количество осадков по месяцам, измеренное по осадкомеру и дождемеру за весь исследуемый период, по некоторым станциям, используемым для обработки, представлено в табл. 1. В последней строке даны проценты недоучета осадков дождемером. Как видно из таблицы, наибольшая процентная разность между показаниями осадкомера и дождемера достигает в марте (с наиболее часто наблюдающимися метелями) 79%. Годовой процент недоучета составляет 47%.

Надо заметить, что полученные результаты по 18 станциям, расположенным в южных районах страны, показали, что благодаря меньшему числу метелей на этих станциях процент недоучета твердых осадков значительно ниже и в годовом итоге составляет 21%.

Отдельные высокие проценты в некоторых случаях частично объясняются влиянием сильных ветров и метелей, вызывающих резкое выдувание из дождемера, и отсутствием этого явления в осадкомере.

Для иллюстрации приводим табл. 2, где показан недоучет осадков дождемером в дни с метелями $\frac{1}{2}$. Как видно из таблицы, при метелях недоучет осадков значительно возрастает и колеблется в пределах от 67% в ноябре до 196% в марте, когда наблюдается наибольшая скорость ветра.

Ниже рассматривается зависимость средней разности показаний осадкомера Третьякова и дождемера с конусной защитой от скорости ветра.

Для исследования этого вопроса были составлены ряды распределения разностей показаний приборов для каждой станции по следующим градациям ветра: 1—2; 3—6; 7—10; 11—15 и больше 16, а для станций, характеризующихся сильными ветрами: 16—25; 26—30 и больше 30 м/сек.

Таблица 3 иллюстрирует зависимость величины средней разности (О—Д) от количества осадков и скорости ветра. Для наглядности недоучет осадков, полу-

Таблица 1

Недоучет твердых осадков дождемером

Станции	Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Сумма							
	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д						
		недоучет осадков дождемером, %		недоучет осадков дождемером, %		недоучет осадков дождемером, %		недоучет осадков дождемером, %		недоучет осадков дождемером, %		недоучет осадков дождемером, %						
Ноносибск, Бугры	21,0	11,9	76	15,4	31,3	100	39,6	13,8	42	20,5	12,6	63	27,4	6,4	330	139,8	60,1	132
Волчиха	16,8	9,1	85	24,4	8,8	177	13,6	5,2	161	12,2	5,4	126	31,0	5,4	474	98,0	33,9	189
Омск-Степная	8,7	6,8	28	10,7	6,5	65	10,9	6,2	76	12,7	9,7	31	21,9	6,2	253	64,9	35,4	83
Сале-Хард	36,5	32,2	13	23,7	20,2	17	27,6	19,4	42	15,4	12,9	19	14,1	9,2	53	117,3	93,9	25
Красноярск, опытное поле, открытый участок	18,7	14,0	34	20,2	17,2	17	10,1	7,9	28	4,4	3,4	29	10,9	9,4	16	64,3	51,9	24
Красноярск, опытное поле, защищенный участок	21,6	17,9	76	21,5	19,8	9	11,0	9,7	13	5,4	4,6	17	11,9	11,9	0	71,4	63,9	12
Михнево	21,2	19,2	10	17,5	17,3	1	18,3	11,7	5	17,2	13,1	31	20,9	13,7	53	95,1	75,0	27
Ново-Иерусалим	12,7	7,8	63	19,9	14,1	41	12,9	8,8	46	12,6	9,2	37	17,9	9,6	86	76,0	49,5	54
Ленинград, город	41,8	30,1	39	23,8	14,3	66	39,9	28,5	40	16,7	11,6	44	15,5	6,7	131	137,7	91,2	51
Боровичи	22,9	14,2	61	13,2	9,7	36	28,0	15,4	82	9,8	5,5	78	11,8	7,1	66	85,7	51,9	65
Медикесс	22,3	11,5	94	19,4	18,8	4	26,3	24,0	10	23,3	17,5	33	28,9	23,9	21	120,2	95,7	26
Мурманск	16,8	15,9	6	18,3	15,1	20	13,6	10,3	32	15,6	11,5	36	2,5	2,3	9	66,8	55,1	21
Мта-Сабуети, защищенный участок	11,3	9,6	18	76,9	64,1	20	61,9	44,0	40	79,2	58,8	35	48,7	25,3	92	278,0	201,8	38
Мта-Сабуети, открытый участок	10,7	6,3	70	61,3	29,7	106	40,0	29,4	38	58,2	29,8	95	109,1	47,0	132	279,8	142,2	96
Джизакский неренал	—	—	—	4,4	2,3	90	17,3	10,0	73	17,6	10,5	68	5,9	4,8	23	45,2	27,6	64
Кировскан	—	—	—	8,7	8,2	6	14,8	13,5	10	26,2	21,6	21	35,2	33,8	4	101,8	94,5	8
Ленинскан	6,9	6,0	15	27,3	25,4	7	14,8	14,4	3	36,4	33,0	10	28,5	25,1	13	113,9	103,9	10
Сумма	289,9	212,5	422,5	1306,9	422,5	1306,9	401,1	272,2	3	383,4	270,7	10	442,1	247,8	13	1939,0	1310,1	
Разность	77,4			115,6			128,9			112,7			194,3			628,9		
Недоучет осадков дождемером, %	36			38			47			42			79			47		

Примечание. Д — дождемер с конусной защитой, О — осадкомер Третьякова.

Недоучет твердых осадков дождемером в дни с метелями

Станции	Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль		Март		Сумма					
	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	недоучет осадков дождемером, %			
Новосибирск, Бугры	28,5	15,3	86	51,2	20,9	150	4,7	2,1	124	—	36,3	4,9	640	120,7	43,2	159
Волчиха	26,6	12,5	113	33,4	7,0	378	32,0	7,5	326	14,7	52,4	2,9	179	159,1	35,1	354
Омск-Степная	10,1	7,8	29	11,1	5,5	100	14,0	7,1	97	13,6	10,1	2,1	380	58,9	32,6	81
Сале-Хард	4,5	1,1	310	9,6	9,2	4	16,0	12,7	26	—	1,2	0,8	50	31,3	23,8	31
Михнево	6,2	4,3	44	9,0	3,1	190	8,1	4,7	72	7,9	20,0	10,0	190	51,2	27,3	87
Ново-Иерусалим	3,5	0,9	290	4,7	1,2	292	1,3	0,8	62	4,7	31,7	9,3	228	45,3	12,9	250
Ленинград, город	22,0	18,1	18	10,4	3,3	215	17,6	8,3	112	11,7	11,4	0,7	153	73,1	35,2	108
Боровичи	1,8	0,4	350	2,5	0,7	257	12,4	6,3	97	4,0	4,3	0,5	760	25,0	8,8	184
Мелекес	—	—	—	4,2	3,2	31	17,1	15,4	11	37,3	31,7	23,6	34	90,3	64,6	40
Мта-Сабуети	29,0	18,9	53	184,3	123,2	50	2,2	1,9	158	46,0	88,5	40,3	119	35,0	211,0	65
Ленинскан	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	3,0	2,7	11	4,8	4,0	20
Сумма	132,2	79,3	—	320,4	177,3	—	125,4	66,8	—	144,7	290,0	97,8	—	1013,5	500,8	—
Разность	52,9	—	—	143,1	—	—	58,6	—	—	65,5	192,2	—	—	512,7	—	—
Недоучет осадков дождемером, %	67	—	—	81	—	—	86	—	—	83	196	—	—	102	—	—

Примечание. Д — дождемер с конусной защитой, О — осадкомер Третьякова.

ченный по табл. 3, представлен в виде графика (рис. 1). Как видно из графика, процент недоучета осадков дождемером возрастает линейно с увеличением скорости ветра от 10 до 69%. Отсюда следует, что влияние скорости ветра на показания, полученные по дождемеру, сказывается значительно больше, чем на осадкомер.

Переходя к вопросу о регистрации мелких осадков, следует заметить, что измерения осадков по осадкомеру производились на станциях дождемерным стака-

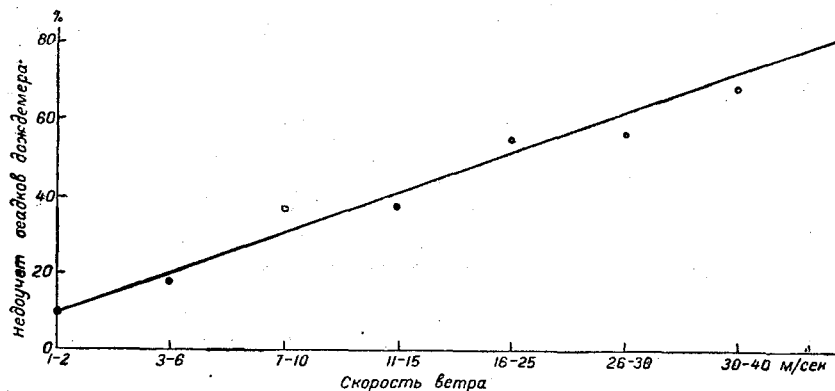


Рис. 1. Зависимость средней величины разности показаний осадкомера и дождемера от скорости ветра, выраженной в процентах.

ном. Отсюда наблюдается недоучет мелких осадков вследствие того, что слой воды в 0,1 мм по осадкомеру соответствует 2 см³, а не 5 см³, как это имеет место в дождемере, поэтому при измерении дождемерными стаканами наблюдатель

Таблица 3

Средние величины разности показаний (О—Д) в зависимости от количества осадков и скорости ветра

Скорость ветра, м/сек.	Осадки, мм													Недоучет осадков дожде- ром, %
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	—15	—20	—30	
1—2	0,02	0,17	0,35	0,54	0,64	0,51	0,34	2,22	0,73	1,70	0,00	1,21	1,51	10
3—6	0,06	0,47	0,69	1,00	0,30	0,96	0,65	2,95	1,05	2,00	3,75	—	—	18
7—10	0,15	0,66	1,10	1,41	1,61	2,80	1,65	4,43	5,30	3,50	—	—	—	37
11—15	0,19	1,13	1,64	1,72	2,04	0,20	—	—	0,65	7,20	7,21	—	—	38
16—25	0,11	0,83	1,27	2,23	3,23	3,65	5,87	6,62	—	—	—	—	—	55
26—30	0,10	1,51	—	—	2,53	—	5,51	4,40	6,42	—	9,80	—	—	57
>30	—	1,00	1,32	—	3,12	—	—	7,30	—	7,53	—	—	—	69

теряет при пересчете мелкие осадки. Это можно видеть в табл. 4. В первом столбце таблицы приведены данные стакана дождемера, во втором — соответствующие

Таблица 4

Деление стакана		Запись осадков, мм	
дожде- мера	осадкомера	стакан дождемера	стакан осадкомера
0,1	0,25	0,0	0,0
0,2	0,50	0,0	0,1
0,3	0,75	0,0	0,1
0,4	1,00	0,0	0,1

делениям стакана осадкомера. Третий и четвертый столбцы показывают запись осадков в миллиметрах и объясняют причину потери десятичных долей осадков.

На основании этого величины осадков, отличающиеся на 0,1 мм, были объединены в соседние группы. Этим самым удалось получить повторяемости, близкие к возможной точности самого метода.

В табл. 5 дана повторяемость разностей между приборами в зависимости от количества осадков. Из таблицы видно, что большее число случаев падает на разности от 0,0 до $\pm 0,2$ мм и на осадки 0—1 мм.

Повторяемость разностей между приборами

Разности, мм	20,9	14,6	12,0	11,2	9,0	8,5	8,0	7,8	7,6	7,2	6,8	6,6	6,4	6,2	5,4	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
Осадки, мм	20,9	14,6	12,0	11,2	9,0	8,5	8,0	7,8	7,6	7,2	6,8	6,6	6,4	6,2	5,4	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
0—1																						
1—2																						
2—3																						
3—4																						
4—5																						
5—6																						
6—7																						
7—8																						
8—9																						
9—10																						
10—11																						
11—12																						
12—13																						
13—14																						
14—15																						
18—19																						
22—23																						

В табл. 6 приведены расчеты распределения разностей и их квадратичных погрешностей. Из таблицы видно, что средняя величина разности для приведенного ряда составляет 0,36 мм, т. е. что осадкомер дает значительно большие показания, чем дождемер.

Среднее квадратичное отклонение этого ряда равно $\pm 1,06$. Ошибка полученной средней разности составляет 0,018, т. е. около 2%. Ошибка самого среднего квадратичного отклонения равна 0,012, т. е. 1%. Кроме того, из табл. 6 следует, что при сравнении показаний двух приборов наблюдается преобладание положительных разностей, в то время как отрицательные разности редки и падают в основном на дни с малым количеством осадков.

Таким образом, полученный нами порядок погрешностей убеждает в достоверности исходных данных и хорошем качестве их обработки.

Как выяснилось в процессе работы, на многих станциях, расположенных в районах, где преобладают в зимний период большие скорости ветра и сильные метели, наблюдается недоучет твердых осадков дождемером вследствие выдувания. В осадкомере выдувание исключено, но возникает вопрос о надувании снега в осадкомер во время метелей при больших скоростях ветра. При сильных низовых метелях в результате вертикального переноса снега с поверхности земли возможно попадание в осадкомер поднимающихся с земли осадков, особенно при большой высоте снежного покрова. В то же время из дождемера будет выдуваться значительная часть снега. Для исключения подобных случаев в тех местах, где наблюдается большая высота снежного покрова, необходимо поднимать дождемерное ведро на соответствующую высоту.

II. Жидкие осадки

Переходя к анализу материалов по жидким осадкам, следует отметить, что между показаниями осадкомера и дождемера не наблюдается резкого отличия. На рис. 2 приводится график, на осях которого отложены скорость ветра и средняя разность показаний приборов за летний период. Как следует из графика, колебания средней разности не превышают $-0,4 + 0,6$ мм. Это подтверждается составленной таблицей по станциям южной части СССР. Как видно из табл. 7, недоучет

Т а б л и ц а 5

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ

[illegible]

осадков дождемером составляет в среднем 1%, что укладывается в пределах точности измерения. Недочет осадков несколько увеличивается в переходные месяцы; так, в апреле он достигает 4%, что частично объясняется выпадением осадков в твердом виде.

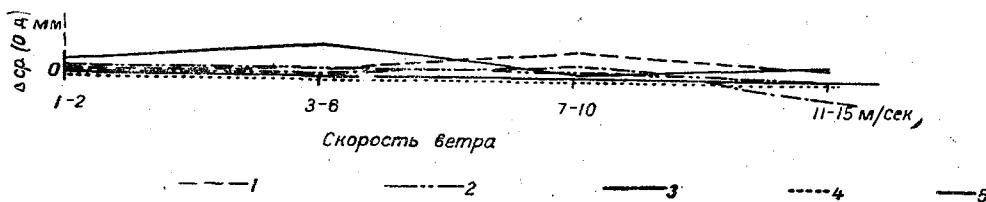


Рис. 2. Зависимость средней разности показаний приборов (О — Д в мм) от градации скорости ветра. Летний период.

1 — Мурманск, 2 — Боровичи, 3 — Ново-Иерусалим, 4 — Омск—Степная, 5 — Новосибирск—Бугры.

Необходимо отметить, что замечания о регистрации мелких осадков, упоминавшиеся в табл. 4, уместны и при измерении жидких осадков. Кроме того, в теплое время года, особенно при выпадении слабых дождей, они не учитываются вследствие испарения за промежуток времени с момента окончания их выпадения до установленного срока измерения. Следовательно, для уточнения количественного определения жидких осадков и исключения их потерь в пустынных районах или в районах, имеющих в летний период высокие температуры и большие

Распределение разностей по твердым осадкам

Разность показаний	Частота z	Отклонение от 1 $\Delta-1$	Квадрат отклонения $[\Delta-1]^2$	$z [\Delta-1]$	$z [\Delta-1]^2$
20,9	1	19,9	396,0	19,9	396,0
14,6	1	13,6	185,0	13,6	185,0
12,0	1	11,0	121,0	11,0	121,0
11,2	1	10,2	104,0	10,2	104,0
9,5	1	8,5	72,25	8,5	72,25
8,5	1	7,5	56,25	7,5	56,25
8,0	3	7,0	49,00	21,0	147,00
7,8	3	6,8	46,24	20,4	138,72
7,6	4	6,6	43,56	26,4	174,24
7,4	2	6,4	40,96	12,8	81,92
7,2	6	6,2	38,44	37,2	230,64
6,8	2	5,8	33,64	11,6	67,28
6,6	2	5,6	31,36	11,2	62,72
6,4	1	5,4	29,16	5,4	29,16
6,3	2	5,3	28,09	10,6	56,18
6,1	1	5,1	26,01	5,1	26,01
5,4	4	4,4	19,36	17,6	77,44
5,0	3	4,0	16,00	12,0	48,00
4,8	2	3,8	14,44	7,6	28,88
4,6	2	3,6	12,96	7,2	25,92
4,4	3	3,4	11,56	10,2	34,68
4,3	5	3,3	10,89	16,5	54,45
4,0	6	3,0	9,00	18,0	54,00
3,8	8	2,8	7,84	22,4	60,72
3,6	5	2,6	6,76	13,0	33,80
3,4	13	2,4	5,76	31,2	74,88
3,2	8	2,2	4,84	17,6	38,72
3,0	11	2,0	4,00	22,0	44,00
2,8	9	1,8	3,24	16,2	29,16
2,6	10	1,6	2,56	16,0	25,60
2,4	24	1,4	1,96	33,6	47,04
2,2	20	1,2	1,44	24,0	28,80
2,0	17	1,0	1,00	17,0	17,00
1,8	24	0,8	0,64	19,2	15,36
1,6	34	0,6	0,36	20,4	12,24
1,4	32	0,4	0,16	12,8	5,12
1,2	59	0,2	0,04	11,8	2,36
1,0	65	0,0	0,00	0,00	0,0
0,8	93	-0,2	0,04	-18,6	3,72
0,6	169	-0,4	0,16	-67,6	27,04
0,4	262	-0,6	0,36	-157,2	94,32
0,2	546	-0,8	0,64	-436,8	349,44
0,0	1889	-1,0	1,00	-1889,0	1889,00
-0,2	188	-1,2	1,44	-225,6	270,72
-0,4	24	-1,4	1,96	-33,6	47,04
-0,6	21	-1,6	2,56	-33,6	53,76
-0,8	6	-1,8	3,24	-10,8	19,44
-1,2	10	-2,2	4,84	-22,0	48,40
-1,4	3	-2,4	5,76	-7,2	17,28
-1,6	2	-2,6	6,76	-5,2	13,52
				-2308,5	5540,22

$$M = 1,0 - 0,64 = 0,36$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{5540,22}{3609} - (0,36 - 1)^2} = \pm 1,06, \quad m = \frac{\sigma}{\sqrt{z}} = 0,018, \quad m_{cp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2z}} = 0,012.$$

Таблица 7

Сводная таблица по жидким осадкам

Станции	Апрель		Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь		Сумма	
	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д	О	Д
Бехтеры	13,2	14,6	32,6	24,2	142,8	142,6	55,5	55,6	49,3	49,7	37,8	37,7	54,9	55,8	386,1	380,2
Лубы	80,3	79,9	79,8	79,1	137,7	136,8	197,4	196,3	111,1	113,0	86,7	85,2	8,7	9,0	701,7	699,3
Изюм	47,6	46,0	26,9	25,2	203,8	193,6	129,7	127,6	28,8	27,6	9,7	10,1	150,8	139,2	597,3	569,3
Одесса	11,0	11,5	29,7	31,5	54,6	56,0	77,4	77,8	167,7	166,0	35,0	35,8	55,5	56,9	430,9	435,5
Полтава	32,7	30,2	35,2	36,4	186,3	179,0	142,1	140,0	116,7	114,8	25,5	25,1	6,4	5,9	544,9	531,4
Лубашевка	31,5	28,1	31,5	32,4	191,3	186,2	185,1	177,7	91,9	88,2	30,3	26,8	64,0	59,0	625,6	598,4
Золотоноша	84,2	81,7	24,7	22,7	141,5	134,3	190,8	185,8	119,7	116,3	39,9	41,0	68,7	68,1	669,5	649,9
Чернигов	25,9	26,7	32,2	31,7	141,2	142,6	168,3	169,5	79,5	78,7	45,4	47,2	8,0	7,6	500,5	504,0
Болград	3,9	3,6	27,9	27,5	29,7	29,4	72,1	69,1	23,0	19,5	59,9	56,8	0,7	0,9	310,2	284,8
Кирилловка	—	—	8,7	8,4	58,3	56,8	20,7	19,4	13,7	14,3	14,9	15,8	79,4	77,4	237,7	233,5
Саратов	—	—	28,9	29,9	100,0	99,3	197,0	190,2	49,0	47,5	14,3	13,7	28,8	27,9	179,8	173,7
Киев	90,3	88,8	26,2	26,7	213,2	209,7	145,6	146,4	77,4	76,7	39,2	35,2	55,2	55,5	565,0	554,8
Богодухов	57,1	56,7	37,3	40,0	217,2	213,1	131,6	129,9	137,9	139,3	105,9	106,0	77,5	78,6	645,6	640,9
Конотоп	54,4	56,4	21,8	21,5	141,5	134,4	116,7	120,0	41,4	41,3	29,2	29,2	96,8	95,5	761,8	763,3
Губинка	14,6	13,5	21,1	22,9	59,7	63,6	—	—	56,6	58,4	—	—	—	—	462,0	455,4
Кочкорка	0,5	0,6	22,9	22,9	25,8	25,5	17,4	17,3	35,9	35,8	16,7	15,5	28,1	26,7	137,9	145,5
Фрунзе	65,5	59,7	56,4	55,2	11,7	12,4	1,8	2,1	—	—	0,0	0,0	3,5	3,7	245,8	235,7
Ош	43,1	43,9	27,1	27,1	50,9	49,2	29,6	30,1	31,3	29,8	39,6	41,4	7,0	7,2	87,2	89,2
Токмак	101,6	98,1	38,1	38,5	45,5	4,9	21,7	23,5	19,9	20,6	—	—	—	—	298,1	294,3
Чатыр-Куль	—	—	—	3,3	4,5	0,7	—	—	0,2	0,3	2,6	3,0	0,4	0,5	46,1	49,0
Артем	33,3	30,1	58,5	55,6	93,1	106,8	66,1	67,5	93,7	93,5	48,0	47,3	0,0	0,0	366,9	377,8
Нарын	7,5	7,1	—	—	3,8	3,3	54,1	53,3	15,1	15,4	—	—	—	—	73,0	72,0
Тянь-Шань	—	—	—	—	2,7	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	39,0	38,3
Маштаги	33,9	32,6	2,4	2,5	86,0	86,7	36,2	38,8	32,0	31,8	—	—	—	—	235,1	218,3
Байтык	22,5	21,0	58,4	60,0	110,1	111,5	39,8	40,7	24,5	25,5	80,9	75,3	153,4	151,6	554,0	551,5
Баксан	58,3	58,4	87,0	88,5	140,5	149,0	74,7	78,1	36,5	38,5	77,1	78,6	41,1	39,5	620,8	632,4
Майкоп	98,4	100,5	147,5	148,2	145,5	149,0	82,5	80,1	13,1	17,3	59,6	75,1	22,6	40,8	479,1	515,5
Ростов-на-Дону	65,7	62,6	92,8	97,4	142,8	142,2	82,5	80,1	152,5	151,9	932,6	935,8	1 098,4	1 096,8	10 841,4	10 731,8
Сумма	1077,0	1032,3	1 065,0	1 062,4	2 829,8	2 798,1	2 313,5	2 289,5	1 525,1	1 516,9	932,6	935,8	1 098,4	1 096,8	10 841,4	10 731,8
Разность	44,7	—	2,6	—	3,7	—	24,0	—	8,2	—	3,2	—	1,6	—	109,6	—
Недоучет осадков дожде- мером, %	4	—	0	—	1	—	1	—	1	—	0	—	0	—	1	—

Примечание. Д — дождемер с конусной защитой, О — осадкомер Третьякова.

дефициты влажности, рационально проводить измерение непосредственно после их выпадения, а не дожидаться установленного срока.

Важным в измерении осадков является вопрос правильного определения количества дней с осадками. Недоучет дождемером дней с осадками составляет 0%. Ниже приводится табл. 8, в которой помещено число дней с осадками, не регистрируемыми осадкомером и дождемером. В результате подсчета регистрации осадков двумя исследуемыми приборами по обработанным станциям выяснилось, что из общего числа дней с осадками, равного 11 471, осадкомер показывает на 1% меньше дождемера.

Таблица 8

Число дней с осадками, не регистрируемыми осадкомером и дождемером

Осадко- мер	Дожде- мер	*	*	Δ	ΔV	*	•	Δ	, Δ	Δ	Δ	Δ	Число случаев
—	0,0	40	21	1	2	3	57	66	11	9	5	1	216
—	0,1	4	6	—	—	—	18	17	2	—	2	2	51
—	0,2	1	—	—	—	—	5	1	1	—	—	—	8
—	0,3	1	—	—	—	—	2	3	—	—	—	—	6
—	0,4	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2
0,0	—	3	1	1	—	1	1	1	—	—	—	1	9

Как видно из табл. 8, большинство случаев недоучета осадков осадкомером падает на жидкие осадки, что объясняется испарением осадков из осадкомера при высокой температуре и достаточно сильном ветре. Если к числу дней с осадками причислить и дни, когда наблюдались осадки меньше 0,1 мм, т. е. следы осадков, то процент недоучета осадкомером достигает 2%. Надо, однако, заметить, что к таким случаям часто относятся случаи, когда наблюдатель учитывает очень слабые осадки в виде отдельно выпавших капель дождя, отмеченных в атмосферных явлениях, и во избежание противоречий записывает их в графу дождемера в виде следов осадков.

Таким образом, имеет место преувеличение числа дней с осадками, происходящее из-за неправильного учета количества выпавших осадков.

III. Вычисление переводного коэффициента к дождемеру

Анализ имеющегося материала позволяет произвести вычисление поправочного коэффициента к дождемеру для приведения показателей количества выпавших осадков к осадкам, измеренным осадкомером. В процессе обработки была составлена таблица для вычисления ординат средневзвешенного значения показаний приборов в соответствии с количеством выпавших осадков.

Для иллюстрации зависимости показаний дождемера и осадкомера от скорости ветра могут служить графики на рис. 3а и 3б, на осях которых отложены средние взвешенные значения приборов. На графиках видна прямолинейная зависимость одного прибора от другого. Тангенс угла наклона прямой определяет численное значение переводного коэффициента. Подобные графики были составлены для ветров различной скорости от 1—2, 3—6, 7—10, 11—15 и больше 16 м/сек.

Полученная величина поправочного коэффициента представлена табл. 9, где Q — значение средневзвешенного коэффициента, равное $Q = \frac{A}{B}$, $A = \frac{\Sigma_o}{N}$, $B = \frac{\Sigma_d}{N'}$, N и N' — число случаев по осадкомеру и дождемеру, Σ_o и Σ_d — суммы осадков по осадкомеру и дождемеру, Δ — отклонение от среднего значения, δ — относительная погрешность. В нашей работе $N = N'$.

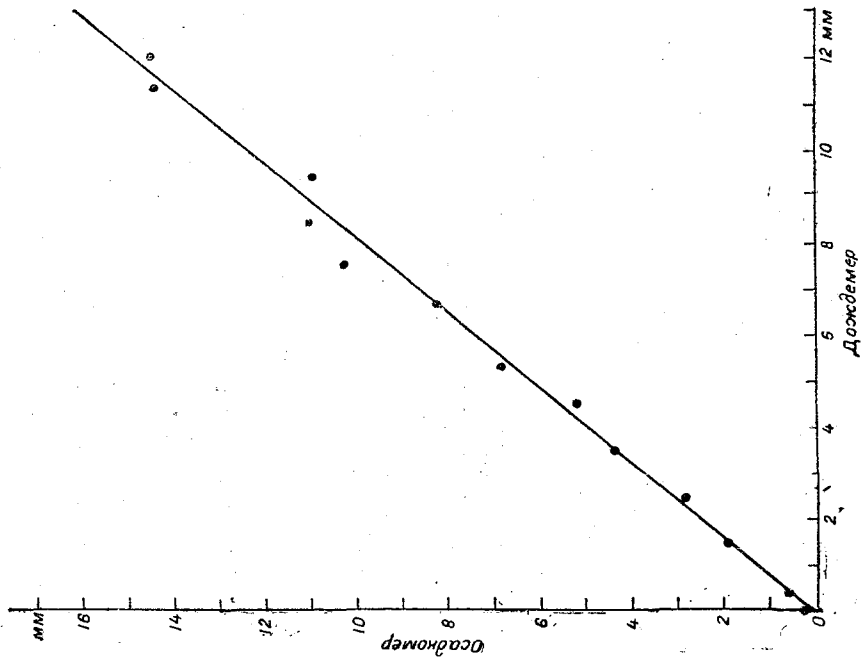


Рис. 3а. Показания осадкомера и дождемера для скорости ветра 3--6 м/сек. по твердым осадкам для равнинных станций.

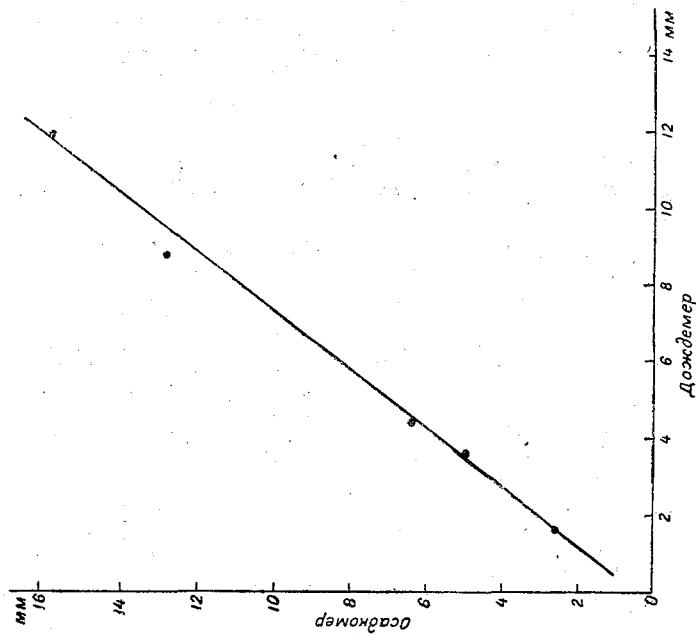


Рис. 3б. Показания осадкомера и дождемера для скорости ветра 11--15 м/сек. по горным станциям Твердые осадки.

Таблица 9

Вычисление поправочного средневзвешенного коэффициента по градациям ветра для дождемера с конусной защитой

Градация осадков по дождемеру, мм	Градация ветра, м/сек.							
	1—2		3—6		7—10		11—15	
	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ
1	1,200	0,092	1,250	0,004	1,600	0,288	1,500	0,359
2	1,150	0,042	1,250	0,004	1,415	0,103	1,560	0,119
3	1,133	0,025	1,250	0,004	1,350	0,038	1,500	0,059
4	1,125	0,017	1,249	0,003	1,312	0,000	1,457	0,016
5	1,112	0,004	1,249	0,003	1,297	0,015	1,430	0,011
6	1,108	0,000	1,249	0,003	1,279	0,033	1,420	0,021
7	1,102	0,006	1,242	0,004	1,263	0,049	1,410	0,031
8	1,103	0,005	1,243	0,003	1,258	0,054	1,401	0,040
9	1,102	0,006	1,244	0,002	1,252	0,060	1,391	0,050
10	1,100	0,008	1,245	0,001	1,252	0,060	1,390	0,051
11	1,100	0,008	1,246	0,000	1,250	0,062	1,272	0,169
12	1,097	0,011	1,246	0,000	1,243	0,069	1,273	0,168
13	1,096	0,012	1,244	0,002	1,238	0,074		
14	1,096	0,012			1,241	0,071		
15	1,097	0,011						
16	1,092	0,016						
17	1,092	0,016						
18	1,092	0,016						
19	1,092	0,016						
20	1,092	0,016						
21	1,090	0,018						
$Q_{cp} = 1,108 \pm 0,017$		$Q_{cp} = 1,246 \pm 0,003$		$Q_{cp} = 1,312 \pm 0,069$		$Q_{cp} = 1,441 \pm 0,091$		
$\delta = 20\%$		$\delta = 0\%$		$\delta = 50\%$		$\delta = 60\%$		

Таблица 10

Вычисление поправочного средневзвешенного коэффициента для дождемера с конусной защитой по горным станциям

Градация осадков по дождемеру, мм	Градация ветра, м/сек.											
	1—2		3—6		7—10		11—15		16—28		40	
	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ	Q	Δ
1	1,23	0,12	1,15	0,03	2,19	0,77	1,86	0,43	3,75	1,62	2,00	1,78
2	1,16	0,05	1,20	0,02	1,67	0,25	1,56	0,13	2,52	0,39	3,85	0,07
3	1,12	0,01	1,19	0,01	1,51	0,09	1,46	0,03	2,12	0,01	4,50	0,72
4	1,10	0,01	1,18	0,00	1,43	0,01	1,42	0,01	1,92	0,21	4,75	0,97
5	1,11	0,00	1,18	0,00	1,38	0,04	1,40	0,03	1,80	0,33		
6	1,09	0,02	1,18	0,00	1,34	0,08	1,38	0,05	1,72	0,41		
7	1,10	0,01	1,20	0,02	1,32	0,10	1,37	0,06	1,66	0,47		
8	1,09	0,02	1,18	0,00	1,30	0,12	1,37	0,06	1,61	0,52		
9	1,09	0,02	1,18	0,00	1,29	0,13	1,36	0,07				
10	1,08	0,03	1,18	0,00	1,28	0,14	1,35	0,08				
11	1,08	0,03	1,18	0,00	1,26	0,16	1,36	0,07				
12					1,26	0,16						
13					1,26	0,16						
$Q_{cp} = 1,11 \pm 0,03$		$Q_{cp} = 1,18 \pm 0,00$		$Q_{cp} = 1,42 \pm 0,17$		$Q_{cp} = 1,43 \pm 0,09$		$Q_{cp} = 2,13 \pm 0,49$		$Q_{cp} = 3,78 \pm 0,89$		
$\delta = 30\%$		$\delta = 0\%$		$\delta = 120\%$		$\delta = 60\%$		$\delta = 230\%$		$\delta = 230\%$		

Из табл. 9 видно возрастание переводного коэффициента от 1,11 до 1,44 с увеличением скорости ветра. Относительная погрешность полученного коэффициента при малых скоростях ветра составляет около 1%, а при больших скоростях не превышает 6%.

Рассмотрение материала высокогорных станций позволило провести вычисление поправочного коэффициента к дождемеру и для этих станций. Полученный результат представлен в табл. 10. Как видно из таблицы, до скорости ветра 15 м/сек. переводные коэффициенты мало отличаются от коэффициентов, вычисленных на основании наблюдений станций, расположенных в равнинных районах СССР. Поэтому до пределов скоростей ≤ 15 м/сек. переводные коэффициенты возможно объединить и представить в виде табл. 11.

Таблица 11

Скорость ветра, м/сек.	1—2	3—6	7—10	11—15
Q	1,11	1,22	1,42	1,54

Ввиду ограниченности материала при больших скоростях ветра по равнинным станциям коэффициенты для скорости ветра > 16 м/сек. были выведены по наблю-

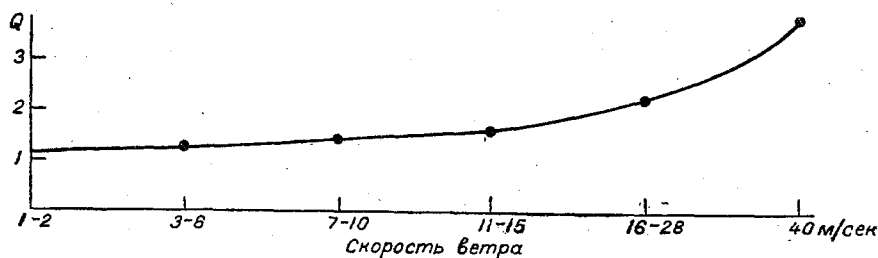


Рис. 4. Зависимость средневзвешенного коэффициента от скорости ветра.

дениям в горных условиях. Проверка результатов показала, что полученные коэффициенты пригодны и для станций, расположенных в равнинных районах СССР. Значение этих коэффициентов для скоростей ветра от 16 до 28 м/сек. составляет 2,23, для 40 м/сек. — 3,78. При больших скоростях ветра, как видно из графика на рис. 4, эти коэффициенты возрастают. Ошибка расчетов по горным станциям составляет 1% при умеренном ветре, при сильном — 9%, а при скоростях порядка 40 м/сек. достигает 23%. Недостаточно надежные наблюдения больших скоростей ветра не позволяют сделать более точного расчета и тем самым уточнить величину ошибки.

Найденный коэффициент был использован при рассмотрении результатов наблюдения над количеством осадков высокогорной метстанции Казбеги, высота которой над уровнем моря составляет 3656,5 м. На этой станции в 1949—1950 гг. велись сравнительные наблюдения по дождемеру и осадкомеру. Обработка данных по табл. ТМ-1 показала, что средний преобладающий ветер на этой станции в периоды выпадения осадков за 1949 г. порядка 8 м/сек. Переводный множитель, соответствующий данному ветру, $Q = 1,42$, сумма показаний дождемера за 1949 г., взятая из табл. ТМ-1, равна 841,7 мм, следовательно, количество осадков по осадкомеру получается равным 1195,2 мм.

Сравнивая полученные результаты с годовой суммой осадков, опубликованной в статье Бартишвили (журн. „Метеорология и гидрология“ № 4, 1950 г.), видно, что вычисленный результат отличается только на 1% от опубликованного.

Для жидких, смешанных и осадков в виде мокрого снега получились результаты несколько иные. Как было показано раньше, жидкие осадки измеряются в пределах точности измерения и коэффициента для них не получено. Иначе обстоит со смешанными осадками и осадками в виде мокрого снега. Методика получения коэффициентов для

упомянутых выше осадков такая же, как и для твердых, поэтому здесь приведен в качестве иллюстрации график (рис. 5), на котором видно положение точек, полу-

Т а б л и ц а 12
Значение коэффициента для осадков в виде
мокрого снега и смешанных осадков

Осадки	Ветер, м/сек.			
	1—2	3—6	7—10	11—15
Мокрый снег . .	1,14	1,18	1,25	—
Смешанные осад- ки	1,05	1,09	1,09	1,07

ченных при обработке. Для осадков в виде мокрого снега полученный коэффициент незначительно меняется от скорости ветра, для смешанных — этого изменения не наблюдается и, как иллюстрирует табл. 12, переводный коэффициент равен в среднем $1,09 \pm 0,04$.

Для проверки величин полученных коэффициентов нами были обработаны

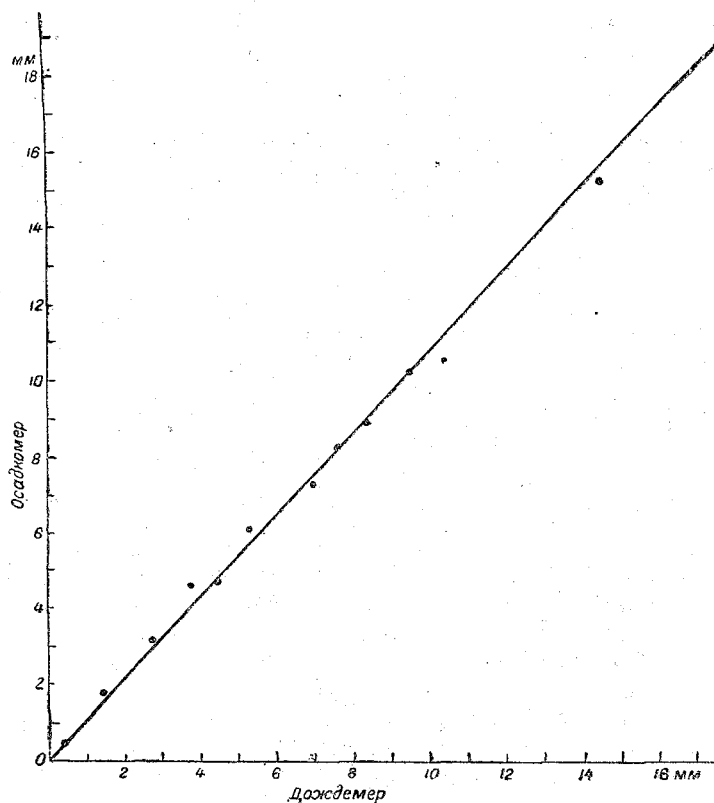


Рис. 5. Показания осадкомера для скорости ветра 7—10 м/сек.
Смешанные осадки.

дополнительно 22 произвольно взятые станции. Результаты обработки в качестве иллюстрации приведены в табл. 13. Из анализа полученных материалов можно видеть, что в среднем расхождение между вычисленными данными и данными, полученными по осадкомеру, не превышает 6%. Для выбора переводного коэффициента большое значение имеет точное определение среднего значения скорости ветра, преобладающего в момент выпадения осадков. Определение скорости ветра только по срочным наблюдениям приводит к некоторым неточностям и этим самым увеличивает процент погрешности. Отдельные случаи высоких процентов погрешностей можно отчасти объяснить также тем, что в случае смешанных осадков могло иметь место преобладание твердых осадков, однако величина коэффициента при этом принималась для смешанных осадков.

Таким образом, найденные переводные множители дают возможность перейти от количества осадков, полученных по дождемеру, к значению по осадкомеру и этим

самым позволяют уточнить данные дождемера с конусной защитой за предыдущие годы, учитывая средний ветер.

В заключение приведем оценку сходимости данных измерений количества выпавших осадков по сравниваемым нами приборам, по снегомерной рейке и снего-съемке.

Таблица 13

Станции	Месяц, год	Σ		Средний ветер	Коэффициент	Σ по осадкомеру с помощью коэффициента	Δ	Процент отклонения
		по осадкомеру	по дождемеру					
Твердые осадки								
Сулак-Высокогорный	III—V, XI—XII 1949, III 1950	329,0	283,3	4	1,22	345,5	16,5	5
	IV 1950	65,3	61,2	2	1,11	67,9	2,6	4
Красноярск, о/п	XII 1948, III 1949	32,1	29,1	2	1,11	32,3	0,2	1
	XI 1948, I, XII 1949, I—III 1950	57,9	44,8	4	1,22	54,7	3,2	5
	XI 1949	24,6	17,2	7	1,42	24,4	0,2	1
Смешанные осадки								
Ростов-на-Дону	III—IV 1949, XI 1948, III, XII 1950	38,4	35,3		1,09	38,5	0,1	0
Майкоп	I 1949, II, III, XI 1950	39,3	37,4		1,09	40,7	1,4	4
Мокрый снег								
Киев	II—III 1950	6,9	6,3	2	1,14	7,2	0,3	4
Сулак-Высокогорный	IX 1948, V 1949	63,3	54,1	2	1,14	61,6	1,7	3

Для каждого срока наблюдения, где имеется приrost снежного покрова, определялась плотность свежавыпавшего снега по данным температуры, соответствующей моменту выпадения, и по интерполяционному графику плотности свежавыпавшего снега. Полученная высота водяного столба в миллиметрах сравнивалась с результатами наблюдения по приборам. В работе использовался материал по тем станциям, где наблюдался устойчивый снежный покров. Поэтому из всех имеющихся в рас-

Таблица 14

Количество зимних осадков в мм водяного столба, определенных по приборам и снегомерной рейке в дни регистрации прироста снежного покрова (среднее значение по группе станций)

Способ измерения	XI	XII	I	II	III	Сумма
Водяной столб по снегомерной рейке, мм	241,7	308,3	346,0	372,3	297,2	1565,5
Осадкомер	212,0	275,3	304,4	293,9	257,7	1343,3
Дождемер	168,9	212,2	211,2	222,3	182,5	997,1
Недоучет, %						
по осадкомеру	12	11	12	21	13	14
„ дождемеру	30	31	39	40	39	36

Сопоставление результатов снегоръемки с показаниями осадкомера и дождемера

Куйбышевское УГМС										Киргизское УГМС										Красноярское УГМС									
Дата	Высота водяного столба по снего-съемке, мм	Осадки по осадкомеру		Осадки по дождемеру		Дата	Высота водяного столба по снего-съемке, мм	Осадки по осадкомеру		Осадки по дождемеру		Дата	Высота водяного столба по снего-съемке, мм	Осадки по осадкомеру		Осадки по дождемеру		Дата	Высота водяного столба по снего-съемке, мм	Осадки по осадкомеру		Осадки по дождемеру							
		мм	% от дан-ных по сне-госъемкам	мм	% от дан-ных по сне-госъемкам			мм	% от дан-ных по сне-госъемкам	мм	% от дан-ных по сне-госъемкам			мм	% от дан-ных по сне-госъемкам	мм	% от дан-ных по сне-госъемкам			мм	% от дан-ных по сне-госъемкам								
30/XI 1948	15,0	10,9	27	12,0	20	10/XII 1949	6,8	6,1	10	5,6	18	25/XI 1949	2,4	15,2	37	9,8	59	25/XI 1949	2,4	15,2	37	9,8	59						
5/XII	19,4	17,4	10	12,6	25	15	9,4	7,1	24	6,3	33	30	2,6	18,6	28	12,4	52	30	2,6	18,6	28	12,4	52						
10	24,8	22,5	9	17,3	30	20	9,7	9,1	6	8,2	15	10/XII 1949	2,9	18,6	36	12,4	57	10/XII 1949	2,9	18,6	36	12,4	57						
15	20,8	24,6	-18	19,8	5	25	11,3	9,4	16	8,5	25	20	28	27,6	2	18,5	34	20	28	27,6	2	18,5	34						
20	18,5	22,9	-24	17,5	5	31	7,9	10,6	-34	9,6	-22	31	40	31,2	22	21,8	45	31	40	31,2	22	21,8	45						
25	19,4	24,1	-24	18,4	5	5/1 1950	20,0	13,2	34	11,8	41	10/1 1950	37	37,2	-1	26,9	27	10/1 1950	37	37,2	-1	26,9	27						
31	26,6	28,8	-8	21,7	18	10	20,0	14,0	30	12,5	37	20	47	40,2	14	29,2	38	20	47	40,2	14	29,2	38						
5/1 1949	28,6	28,9	-1	22,1	22	15	21,6	17,1	21	15,0	26	31	60	44,2	26	32,6	46	31	60	44,2	26	32,6	46						
10	32,2	30,3	6	21,7	32	20	24,9	20,9	16	18,5	26	10/II 1950	56	46,2	17	34,2	39	31	56	46,2	17	34,2	39						
15	23,5	31,3	-33	17,7	25	25	25,7	21,5	16	19,0	26	15	56	47,1	16	34,8	38	15	56	47,1	16	34,8	38						
20	45,1	52,2	-16	24,9	45	31	26,0	25,6	15	22,4	14	20	53	47,1	11	34,8	34	20	53	47,1	11	34,8	34						
25	46,0	40,1	12	26,5	42	5/II 1950	29,3	25,6	13	22,4	24	25	55	48,8	11	36,2	34	25	55	48,8	11	36,2	34						
31	48,4	40,9	15	27,2	44	10	31,1	31,4	-1	27,7	10	28	58	48,8	16	36,2	38	31	58	48,8	16	36,2	38						
5/II 1949	54,8	44,1	20	22,8	58	15	36,7	31,5	14	27,7	25	5/III 1950	60	54,8	9	40,7	32	15	60	54,8	9	40,7	32						
10	54,5	44,8	18	29,4	46	20	34,4	31,6	9	27,9	19	10	57	57,0	0	42,4	26	20	57	57,0	0	42,4	26						
15	50,1	50,7	1	29,0	42	25	37,1	34,5	7	30,3	18	15	68	61,3	99	46,6	32	25	68	61,3	99	46,6	32						
20	57,2	46,2	19	30,0	48	28	41,8	34,5	17	30,3	27	20	58	61,3	-6	46,6	20	28	58	61,3	-6	46,6	20						
25	56,7	48,4	15	30,7	46	5/III 1950	33,5	36,7	-9	31,9	5	25	50	62,8	-26	47,4	5	25	50	62,8	-26	47,4	5						
28	52,1	48,4	7	30,6	41	10	45,0	40,2	10	34,7	23	31	54	66,6	-23	50,3	7	31	54	66,6	-23	50,3	7						
5/III 1949	64,5	56,1	13	34,9	46	15	38,5	49,1	-28	43,1	-12	5/IV 1950	50	56,6	-33	50,3	-1	5/IV 1950	50	56,6	-33	50,3	-1						
10	54,6	56,1	-3	35,0	36	20	36,0	49,6	-35	43,0	-18																		
15	55,6	56,2	-1	35,1	38																								
20	63,3	57,0	10	35,2	44																								
25	56,3	58,2	-3	36,1	36																								
31	39,6	53,9	-34	36,7	7																								
Среднее			1		33				7		17				12		33				12		33						

поряжении материалов в обработку вошли снегосъемки по трем управлениям: Киргизское — станции Нарын, Тянь-Шань: Куйбышевское — станции Ершов, Безенчук, Анненково; Красноярское — станции Красноярск о/п и Красноярск з/с.

В табл. 14 для всех обработанных станций по месяцам даны суммы осадков по осадкомеру, дождемеру и по снегомерной рейке и плотности за зимний период в миллиметрах водяного столба. Как видно из таблицы, значение величины осадков, полученных по осадкомеру, приближается к запасу воды значительно больше, чем по дождемеру. Так, например, в годовом итоге осадкомер дает 14%, недоучета осадков, в то время как дождемер — 36%. Сопоставление снегосъемок с наблюдениями, полученными по приборам, привело к подобным же результатам. На основании анализа материала, представленного табл. 15, следует, что недоучет осадков осадкомером и дождемером по отношению к снегосъемке составляет по Киргизскому управлению по осадкомеру 7%, по дождемеру 17%; по Куйбышевскому 1 и 3%, по Красноярскому 12 и 33% соответственно. Следовательно, осадкомер значительно меньше отклоняется от результатов снегосъемки, чем дождемер. Эти результаты также подтверждают, что данные осадкомера ближе к реальным величинам, чем измерение по дождемеру со сплошной конусной защитой.

ВЫВОДЫ

1. Применяющийся в настоящее время для наблюдений над осадками дождемер с конусной защитой дает в зимний период недоучет твердых осадков при различных скоростях ветра от 10 до 69%. При установке же дождемера в условиях хорошей естественной защиты, обеспечивающей защиту от ветра, недоучет осадков значительно уменьшается.

2. Для жидких осадков разности между показаниями осадкомера и дождемера находятся в пределах точности измерения и колеблются около нуля от +0,6 до -0,4 мм.

3. В целях уточнения количественного определения жидких осадков и исключения их потерь на испарение в районах, которые характеризуются высокими температурами и большим дефицитом влажности, рационально производить измерения непосредственно после выпадения осадков, а не только в установленные сроки. Измерение осадков следует обязательно производить соответствующим измерительным стаканом.

4. Полученный поправочный средневзвешенный коэффициент позволяет произвести пересчет дождемерных данных за истекшее время с точностью нескольких процентов порядка 6%.

5. Средневзвешенный коэффициент для перехода от осадков, измеренных дождемером, к осадкам по осадкомеру зависит от скорости ветра и вида осадков.

а) Для твердых осадков найденный коэффициент возрастает с увеличением скорости ветра от 1,11 до 3,78 для ветров в интервале от 2 до 40 м/сек.

б) Несколько меньшая зависимость от величины скорости ветра заметна у мокрого снега — от 1,14 до 1,18 при ветрах 2—10 м/сек.

в) Для смешанных осадков изменения коэффициента от скорости ветра не наблюдается и в среднем он равен 1,09.

Исследование коэффициента показало, что равнинные и горные станции дают совпадающие значения в соответствующих интервалах скоростей ветра.

О ДОПУСКАХ, ПРИНЯТЫХ ПРИ ОБРАБОТКЕ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ОСАДКАМИ, ВЫСОТОЙ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ОБЛАЧНОСТЬЮ

В 1950 г. в Методическом отделе ГГО научными сотрудниками Е. И. Абрамовой, Е. Ф. Мезенцовой, И. Е. Воробьевым и техником Э. И. Левиной была проведена работа по проверке допусков, принятых при обработке наблюдений над осадками, высотой снежного покрова и облачностью.

Как известно, допуском в обработке называется наибольшая погрешность в наблюдениях, при которой эти наблюдения признаются еще годными для использования. Погрешность берется здесь не абсолютная, а относительная, т. е. погрешность относительно данных соседних станций. Так, согласно „Руководству по обработке метеорологических наблюдений и подготовке ежегодников“, ч. I, 1945 г. месячное количество осадков и число дней с осадками бракуются, если вследствие недостатков в наблюдениях они преувеличены или преуменьшены по сравнению с окружающими станциями больше чем на 30%. При этом различия систематического характера, обусловленные местоположением станций, исключаются.

Наблюдения над снежным покровом по постоянным рейкам на защищенном участке бракуются в том случае, если средние декадные высоты покрова вследствие надувания или сдувания снега у реек отличаются в середине зимы больше, чем на 30%, но не менее, чем на 15 см, от данных окружающих станций и на 20% (систематически) от данных снегосъемок (сравниваются отсчеты по постоянным рейкам в дни производства снегосъемок). Критерием для браковки наблюдений на открытых участках являются только данные снегосъемок.

Среднюю месячную облачность как общую, так и нижнюю принято браковать, если она отличается от данных соседних станций больше, чем на 2 балла, и при наличии больше пяти пропусков в наблюдениях за один срок.

Число ясных и пасмурных дней и повторяемость отметок облачности по пределам 0—2 и 8—10 баллов бракуются при наличии больше пяти пропусков в наблюдениях за один срок.

Допуски в обработке любого метеорологического элемента должны определяться возможной точностью интерполяции этого элемента. Нет смысла рекомендовать для использования материалы наблюдений, если заведомо известно, что они обладают определенным недостатком и можно утверждать с большой вероятностью, что интерполированная величина будет более точной, чем наблюденная. Точность интерполяции зависит от величины изменчивости метеорологического элемента во времени и пространстве, поэтому естественно было провести проверку принятых допусков, учитывая степень изменчивости изучаемых элементов.

Учет изменчивости проводился на базе простейших применяемых при обработке методов критического анализа материала. Авторами был использован картографический метод критического анализа материала, широко применяемый в первичной обработке. Для учета изменчивости по территории месячных количеств осадков, числа дней с осадками и высот снежного покрова был принят следующий метод. На основании более или менее одинаковых физико-географических условий местно-

сти в районах густой сети выбирались группы станций. По этим группам вычислялось среднее значение элементов: среднее месячное количество осадков, среднее за месяц число дней с осадками, средняя декадная высота снежного покрова. Далее вычислялись отклонения показаний отдельных станций от среднего значения по району (в процентах). Затем составлялись таблицы по значениям элемента и отклонениям, подсчитывалась повторяемость различной величины отклонений для разных значений элемента. Для количеств осадков и числа дней с осадками составлялись отдельные таблицы для холодного (ноябрь — март) и теплого (май — август) периодов.

Для проверки допусков, принятых при обработке месячных количеств осадков, были использованы материалы наблюдений Ленинградского, Московского, Новосибирского и Ростовского УГМС за 1941—1949 гг.

Для одних и тех же количеств осадков повторяемость соответствующих отклонений оказалась примерно одинаковой в холодный период для всех четырех рассмотренных районов, а в теплый период для Ленинградского, Московского и Новосибирского УГМС. По территории Ростовского УГМС за летний период оказалось невозможным составить таблицу отклонений вследствие преобладания в этом районе в летние месяцы осадков ливневого характера. На этом основании данные были сведены в одну таблицу за холодный период по четырем УГМС и за теплый по трем УГМС (табл. 1 и 2). В этих таблицах, кроме повторяемости различной величины отклонений, указывается (в последних двух столбцах), какую долю от общего числа случаев составляют отклонения, не превышающие 20 и 30%.

В холодный период отклонения, не превышающие 30%, составляют 84% при количестве осадков от 11 до 20 мм, а отклонения, не превышающие 20%, составляют такой же процент при количестве осадков от 30 до 40 мм. В теплый период повторяемость $> 80\%$ отклонения ≤ 30 и $\leq 20\%$ составляют соответственно при количестве осадков > 40 —50 и > 60 —70 мм.

Полученные выводы говорят за то, что, во-первых, изменчивость количеств осадков в пространстве больше в теплый период, чем в холодный, во-вторых, что относительная изменчивость уменьшается с увеличением количеств осадков. Эти выводы не являются новыми, так как они вытекают из давно известного закона постоянства отношений количеств осадков на соседних станциях. На рис. 1 приводятся графики зависимости в многолетнем ряде количества осадков на двух соседних станциях, расположенных на расстоянии 30 км друг от друга в лесной зоне на северо-западе СССР. Из рис. 1 видно, что: а) значительно большая изменчивость отношений наблюдается в летние месяцы; б) изменчивость отношений в абсолютных значениях не увеличивается с увеличением количества осадков (за исключением малых количеств осадков). Из графика, как и из таблиц повторяемости отклонений, следует также, что допуски не должны быть одинаковыми для летнего и зимнего периода и для различных количеств осадков.

Вполне достаточной можно принять вероятность $> 80\%$ и тогда согласно табл. 1 и 2 наблюдения над осадками можно браковать (если имело место выдувание, надувание осадков, течь ведра или другие дефекты в наблюдениях), если они отличаются от соседних станций на 30% при среднем количестве осадков по району в летний период не менее 30—40 мм, а в зимний период не менее 10—15 мм или на 20% при количестве осадков больше 60—70 мм летом и больше 30—40 мм зимой. Эти допуски не должны распространяться на осадки от ливней и осадки, зависящие от местных условий.

В горных районах и на равнине, где сеть станций еще недостаточно густа, рекомендуется пользоваться при критическом просмотре графиками отношений месячных, сезонных и годовых количеств осадков. В этих случаях и допуски, естественно, будут неодинаковыми для различных пар станций, так как изменчивость отношений (разброс точек) для различных пар неодинакова.

Для районов, где в теплый период преобладают осадки ливневого характера, о допусках можно говорить весьма ориентировочно. Здесь трудно бывает определить величину погрешности в наблюдениях, так как изменчивость осадков по территории велика. В связи с этим в методических указаниях местным управле-

ниям рекомендуется тщательно проводить критический просмотр наблюдений отдельных дождей — сопоставлять количества выпавших осадков с их интенсивностью

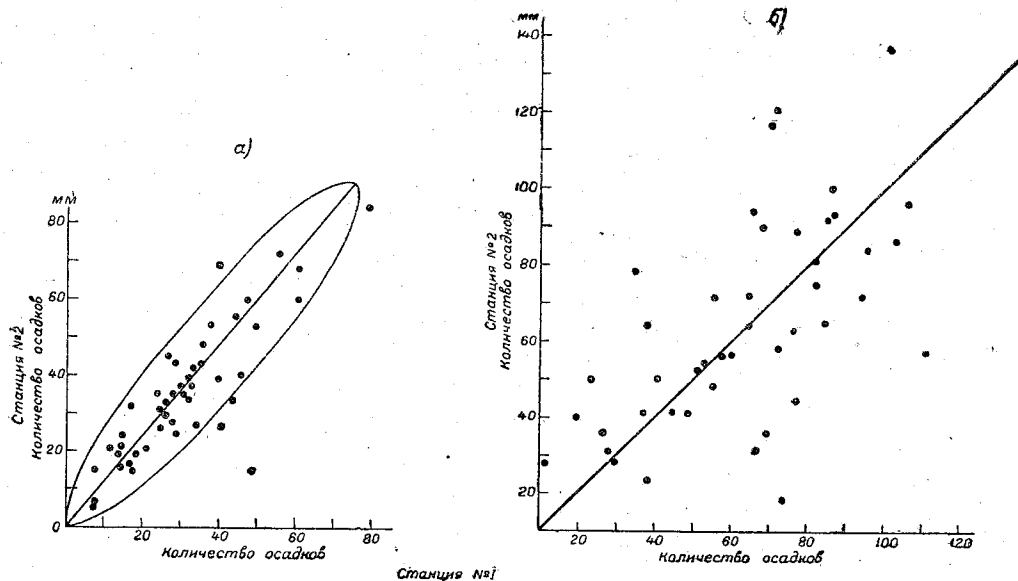


Рис. 1. Количество осадков на двух станциях.
а — январь, б — июль 1887—1935 гг.

и продолжительностью. Рекомендуется также подбирать станции для просмотра не по принципу территориальной близости, а по сходству в условиях местоположения.

Как указано ниже, хорошим критерием (косвенным) проверки качества наблюдений над количеством осадков является согласованность месячных количеств осадков с числом дней с осадками и согласованность отношений числа дней с осадками соседних градаций по району.

Для проверки допусков, принятых при обработке числа дней с осадками, были применены в основном три способа анализа материала: 1) способ построения графиков зависимости числа дней с осадками соседних градаций: $\geq 0,1$ — $\geq 0,5$ и $\geq 0,5$ — $\geq 1,0$; 2) способ построения графиков зависимости числа дней с осадками $\geq 1,0$ и $\geq 5,0$ от количества осадков, 3) способ подсчета повторяемости различной величины отклонений показаний отдельных станций от среднего числа дней по району.

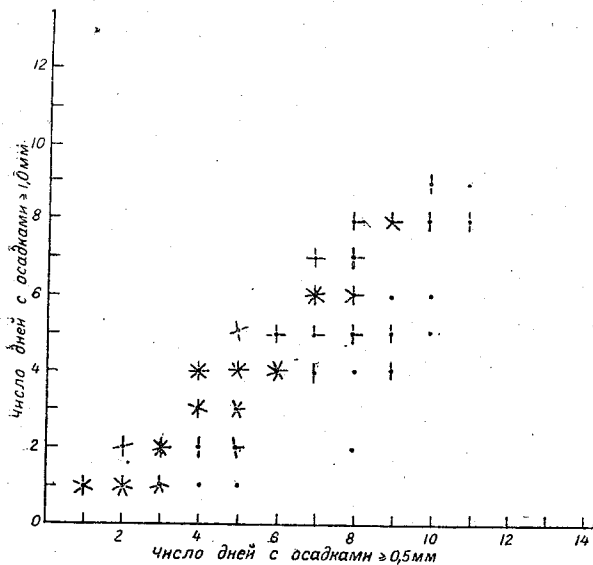


Рис. 2. Зависимость числа дней с осадками $\geq 1,0$ мм от числа дней с осадками $\geq 0,5$ мм (Ростовское УГМС, январь 1949 г.).

Графики как первого, так и второго вида строились по годовым, сезонным и месячным данным.

Для построения графиков использованы данные наблюдений большей части управлений гидрометслужбы.

Способ анализа материала наблюдений с помощью графиков зависимости числа дней с осадками соседних градаций был предложен научным сотрудником Отдела климатологии ГГО В. Я. Шаровой. Нами он широко применен при проверке

Таблица 1

Повторяемость отклонений месячных количеств осадков отдельных станций от среднего по району за ноябрь — март

Количество осадков	Отклонения, %						Повторяемость отклонений, %	
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	≥ 51	≤ 20	≤ 30
0—10	24	24	15	12	12	13	48	63
11—20	44	27	13	8	4	4	71	84
21—30	49	26	16	4	2	3	75	91
31—40	57	27	9	4	1	2	84	93
41—50	54	29	8	2	3	4	83	91
51—60	61	23	7	3	3	3	84	91
61—70	58	29	6	1	2	4	87	93
71—80	58	20	13	5	2	2	78	91
81—90	56	33	—	—	11	—	89	89
91—100	56	11	22	11	—	—	67	89
101—110	67	—	—	33	—	—	67	67
111—120	50	50	—	—	—	—	100	100
121—130	50	50	—	—	—	—	100	100

Таблица 2

Повторяемость отклонений месячных количеств осадков отдельных станций от среднего по району за май—август

Количество осадков	Отклонения, %						Повторяемость отклонений, %	
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	≥ 51	≤ 20	≤ 30
0—10	19	13	9	6	9	44	32	41
11—20	31	17	7	10	19	10	48	55
21—30	43	19	15	11	8	4	62	77
31—40	43	24	13	11	5	4	67	80
41—50	50	26	12	6	3	3	76	88
51—60	54	23	12	6	3	2	77	89
61—70	58	29	8	3	1	1	87	95
71—80	65	20	8	4	2	1	85	93
81—90	63	24	6	4	1	2	87	93
91—100	62	25	7	2	2	2	87	94
101—110	63	24	6	2	2	3	87	93
111—120	69	23	4	—	—	4	92	96
121—130	63	30	2	—	2	3	93	95
131—140	66	24	5	—	2	3	90	95
141—150	72	15	7	—	3	3	87	94
151—160	64	18	5	5	—	4	82	87
161—170	63	32	5	—	—	—	95	100
171—180	80	20	—	—	—	—	100	100
181—190	60	20	—	—	—	—	80	80
191—200	—	—	—	—	—	—	—	—

допусков и рекомендован для использования местным УГМС в помощь к картографическому методу анализа.

На рис. 2, 3 и 4 приводятся такие графики, построенные по данным станций Ростовского УГМС за январь и июль 1949 г. Из графиков видно, что, во-первых,

изменчивость отношений числа дней с осадками соседних градаций больше зимой, чем летом; во-вторых, абсолютная изменчивость не увеличивается с увеличением числа дней с осадками, поэтому относительная изменчивость должна уменьшаться.

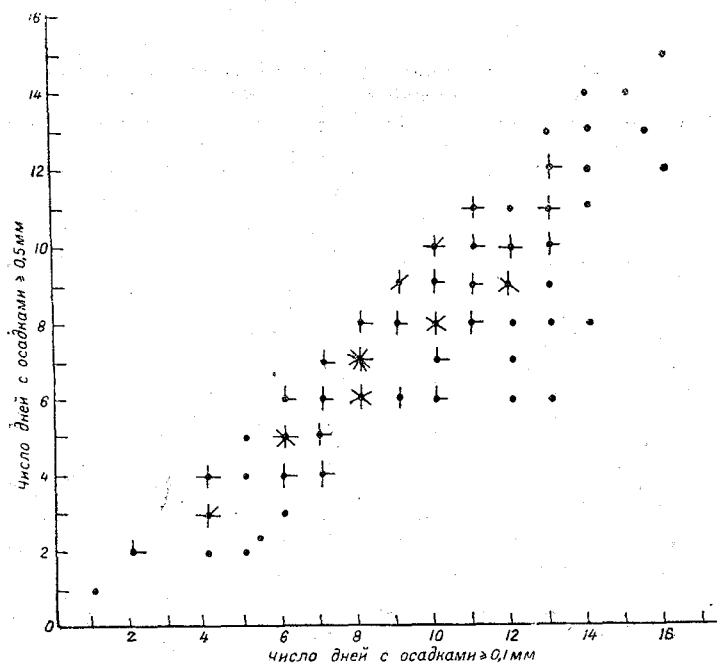


Рис. 3. Зависимость числа дней с осадками $\geq 0,5$ мм от числа дней с осадками $\geq 0,1$ мм (Ростовское УГМС, июль 1949 г.).

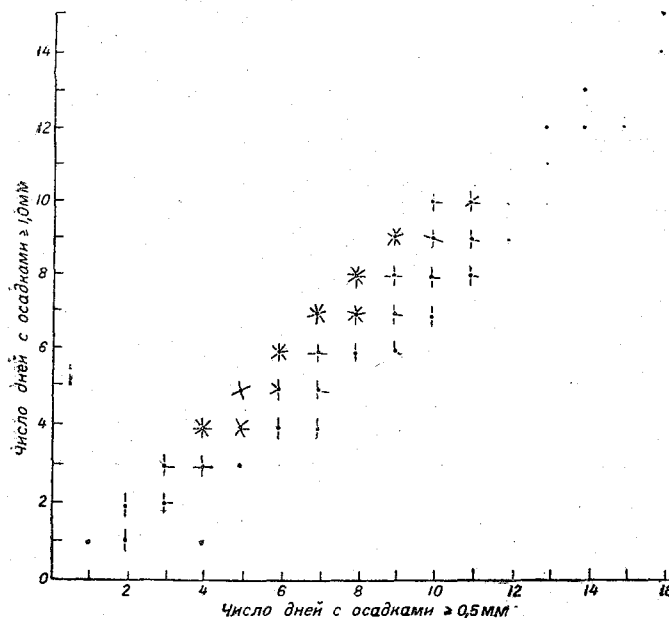


Рис. 4. Зависимость числа дней с осадками $\geq 1,0$ мм от числа дней с осадками $\geq 0,5$ мм (Ростовское УГМС, июль 1949 г.).

В связи с этим допуски для теплого периода должны быть меньше, чем для холодного, и при большом числе дней меньше, чем при малом.

Из графиков на рис. 3 и 4 видно, что в летние месяцы изменчивость разностей числа дней с осадками соседних градаций не превышает 3 дней, а отклонения

от среднего значения по району — 2 дней, что составляет при 10 днях с осадками за месяц 20%, а при 20 днях — 10%.

В зимние месяцы отклонения от среднего значения по району, как правило, не превышают 3 дней, что составляет при 10 днях с осадками за месяц 30%, а при 15 днях — 20%.

Эти выводы подтверждаются также повторяемостью отклонений показаний отдельных станций от среднего числа дней по району, не превышающих 30 и 20% общего числа случаев (табл. 3). Повторяемость отклонений, не превышающих 30%, в зимний период составляет 80% всех случаев при числе дней с осадками 11—15, а в летний период при числе дней с осадками 6—10. Повторяемость отклонений, не превышающих 20%, в зимний период составляет 80% общего числа случаев при числе дней с осадками 16—20, а в летний период при числе дней с осадками 11—15.

Таблица 3

Повторяемость отклонений от среднего по району для числа дней с осадками $\geq 0,1$ в зависимости от числа дней за месяц

Число дней с осадками	Отклонения, %						Повторяемость отклонений, %	
	0—10	11—15	16—20	21—25	26—30	>30	≤ 20	≤ 30

Теплый период (май—август)

0—5	—	30	—	—	—	70	30	—
6—10	28	21	22	10	5	14	71	86
11—15	67	15	5	7	3	3	87	97
16—20	72	13	12	—	3	—	97	100
21—25	66	23	—	11	—	—	89	100

Холодный период (ноябрь—февраль)

0—5	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	8	16	—	13	22	41	24	59
11—15	44	16	15	7	3	15	75	85
16—20	45	23	20	6	3	3	88	97
21—25	66	19	10	4	1	—	95	100
26—30	32	37	26	5	—	—	95	100

На основании изложенных выше результатов рекомендуются следующие ориентировочные допуски: а) 30% (от среднего числа дней по району) — в холодный период при числе дней с осадками за месяц от 11 до 15 и в теплый период при числе дней с осадками от 6 до 10; б) 20% — в холодный период при числе дней с осадками более 15 и в теплый период при числе дней с осадками более 10.

Допуски по числу дней с осадками можно получить также на основании зависимости числа дней с осадками от количества осадков. При одинаковом количестве осадков на станциях однородного климатического района число дней с осадками зимой $\geq 1,0$ мм, а летом ≥ 5 и 10 мм колеблется в небольших пределах. На рис. 5 приводится график такой зависимости по Архангельскому УГМС за холодный период 1945 г. Из этого графика видно, что определять число дней с осадками за холодный период по количеству осадков можно с погрешностью, достигающей лишь в редких случаях 30% (при малом числе дней).

По снежному покрову, как указывалось ранее, существуют два допуска: 1) допуск по отношению к соседним станциям, 2) допуск по отношению к снего-съемкам.

Для проверки первого допуска составлялись таблицы повторяемости отклонений высот покрова на отдельных станциях (отдельно для защищенных и открытых участков) от средней высоты по району (табл. 4).

По материалам защищенных участков строились также корреляционные графики высот снежного покрова на парах станций. Использовались данные за декаду максимальной высоты.

Допуски, установленные в „Руководстве по обработке метеорологических наблюдений и подготовке ежегодников“ часть 1-я, 1945 г., в основном подтвердились.

Если бы мы при установлении допусков (относительно соседних станций) для высот снежного покрова руководствовались только повторяемостью относительных

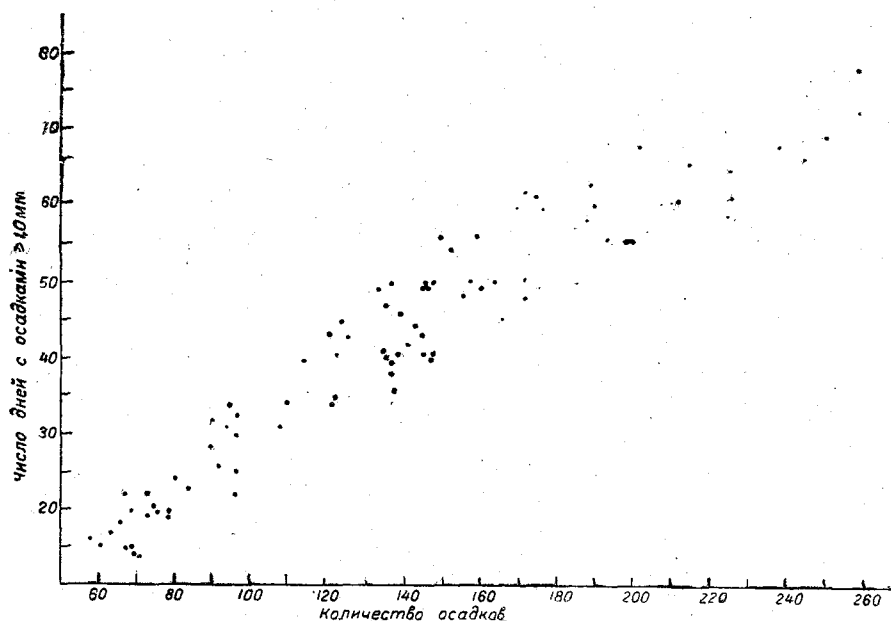


Рис. 5. Зависимость числа дней с осадками $\geq 1,0$ мм от количества осадков (Архангельское УГМС, 1945 г. Холодный период).

отклонений, то уже при высотах покрова больше 40 см могли принимать допуск 20%, так как повторяемость отклонений, не превышающих 20%, при высотах покрова 35—40 см составляет 80% общего числа случаев (см. табл. 4).

Однако подробный анализ ежедневных данных показал, что часто наблюдаются случаи, когда на защищенных участках имеет место надувание и сдувание снега у реек на 10 см. Поэтому при принятии допуска 20% очень часто наблюдения придется браковать. Кроме того, построенные нами графики отношений высот снежного покрова по парам станций (по материалам, достаточно хорошо проверенным в Отделе климатологии ГГО) показывают, что отклонения значений высоты покрова за отдельные годы от среднего многолетнего значения нередко превышают 15 см. Исходя из этого, для высот снежного покрова меньше 75 см следует оставить прежний допуск 30%, а при больших высотах применять допуск 20%.

Для проверки второго допуска составлялись таблицы (табл. 5) повторяемости различной величины отклонений высот снежного покрова по постоянным рейкам от высот покрова, определенных по снегосъемкам (брались дни, в которые производились снегосъемки).

Как видно из таблицы, повторяемость отклонений, не превышающих 20%, составляет 80% общего числа случаев только при высотах покрова 40—50 см,

Таблица 4

Повторяемость отклонений высот снежного покрова отдельных станций от средней высоты по району за декаду наибольшей высоты

Высота снежного покрова	Отклонения, ‰										Повторяемость отклонений, ‰		
	0—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	≥51	≤20	≤30
Защищенные участки													
0—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—
11—15	—	—	—	—	—	—	—	13	—	62	25	—	—
16—20	—	—	13	25	13	—	25	12	—	—	12	38	51
21—25	27	18	5	5	5	4	4	—	14	9	9	55	64
26—30	9	11	9	14	23	5	9	3	14	—	3	43	71
31—35	25	17	21	8	6	8	11	2	—	2	—	71	85
36—40	49	16	12	5	9	2	3	—	2	2	—	82	93
41—45	39	21	17	19	—	—	—	2	—	—	2	96	96
46—50	52	26	2	2	11	7	—	—	—	—	—	82	100
51—55	24	34	16	—	5	5	8	—	3	5	—	74	84
56—60	30	12	23	19	5	2	—	5	2	2	—	84	91
61—65	32	36	18	—	—	9	—	—	—	—	5	86	95
66—70	77	8	—	—	—	—	8	—	7	—	—	85	85
71—75	36	46	18	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100
76—80	37	25	25	13	—	—	—	—	—	—	—	100	100
81—85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
86—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
91—95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101—105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Открытые участки													
0—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—10	—	—	—	—	—	—	—	—	25	25	—	—	—
11—15	—	13	12	—	—	—	—	25	—	25	25	25	—
16—20	9	9	—	8	8	8	17	—	33	8	26	42	—
21—25	26	22	13	13	9	9	—	—	—	4	74	92	—
26—30	24	28	15	18	—	6	6	3	—	—	85	91	—
31—35	32	32	17	12	2	5	—	—	—	—	93	100	—
36—40	23	34	27	8	4	—	—	4	—	—	92	96	—
41—45	44	13	11	9	9	2	4	4	2	—	77	88	—
46—50	25	14	28	4	7	11	7	—	4	—	71	89	—
51—55	48	32	10	10	—	—	—	—	—	—	100	100	—
56—60	58	25	17	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—
61—65	31	19	6	12	6	—	—	13	7	—	68	74	—
66—70	67	—	—	—	—	—	—	—	33	—	67	67	—
71—75	22	45	11	—	—	—	11	—	11	—	78	78	—
76—80	50	—	25	25	—	—	—	—	—	—	100	100	—
81—85	67	33	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—
86—90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

а при высотах покрова менее 40 см (от 20 до 40 см) преобладают отклонения, не превышающие 30%.

Полученные результаты при проверке допуска как по отношению к показаниям соседних станций, так и по отношению снегосъемок показывают, что изменчивость высоты снежного покрова по территории, определенная по данным защищенных участков, не меньше, а даже больше, чем по открытым участкам. Эти результаты еще раз указывают на плохой подбор участков для ежедневных измерений высот снежного покрова.

Таблица 5

Повторяемость разностей высот снежного покрова по постоянным рейкам и снегосъемкам. Ленинградское УГМС

Высота снежного покрова	Повторяемость разностей, %						Повторяемость отклонений, %	
	0—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51	≤20	≤30

Защищенные участки

0—10	14	7	0	7	22	50	21	21
11—20	19	9	9	22	28	13	29	38
21—30	24	8	32	32	—	4	32	64
31—40	19	58	12	12	—	4	73	85
41—50	35	50	10	—	5	—	85	95
51—60	50	43	7	—	—	—	93	100
61—70	—	100	—	—	—	—	100	100

Открытые участки

0—10	8	10	14	15	17	34	18	32
11—20	16	22	27	17	13	5	38	64
21—30	32	42	14	5	7	—	74	88
31—40	53	31	13	3	—	—	83	96
41—50	61	34	5	—	—	—	95	100

Для браковки средних месячных величин облачности, как упоминалось выше, приняты два критерия — два допуска. Первый допуск предусматривает браковку данных при преувеличении или преуменьшении облачности на 2 балла по сравнению с соседними станциями. Второй допуск предусматривает пропуск в наблюдениях больше, чем за пять дней (шесть и больше случаев за один срок).

Второй допуск не проверялся нами по той причине, что мы считаем в принципе неправильным пользоваться этим критерием в дальнейшем. Критерием браковки должна являться величина погрешности в средней месячной облачности, которая определяется не числом пропущенных наблюдений, а характером отклонений значений облачности за отдельные дни от средней облачности за месяц. Метод проверки здесь применен несколько отличный от того, который применялся при обосновании допусков для осадков и снежного покрова. Подсчитывалась не повторяемость отклонений от среднего значения по району, а повторяемость разностей в группах соседних станций ($\leq 0,5$, $\leq 1,0$, $\leq 1,5$ и $\leq 2,0$ балла).

Подсчет проводился отдельно по каждому сроку, а также по общей и нижней облачности. Результат подсчета приводится в табл. 6. Как видно из таблиц, повторяемость одних и тех же разностей не одинакова в разных районах в разное время года, а также для общей и нижней облачности. Для Московского и Ленинградского УГМС в зимние месяцы повторяемость разностей в 1,0 балл по общей облачности во все сроки превышает 90%, а по Новосибирскому и Грузинскому УГМС $\geq 90\%$ составляют разности $\leq 1,5$ балла. По нижней облачности повторяемость 90% составляют разности $\leq 1,5$ балла по Ленинградскому УГМС и $\leq 2,0$

Таблица 6

Время на- блюдений, час.	Разности в баллах	Общая облачность				Нижняя облачность			
		Москов- ское УГМС	Ленин- градское УГМС	УГМС Грузин- ской ССР	Новоси- бирское УГМС	Москов- ское УГМС	Ленин- градское УГМС	УГМС Грузин- ской ССР	Новоси- бирское УГМС
Январь									
1	0—0,5	65	73	46	48	42	49	38	24
	0—1,0	93	99	79	75	67	80	68	45
	0—1,5	98	100	93	92	79	91	83	61
	0—2,0	100	100	98	99	90	98	92	79
7	0—0,5	69	77	53	50	36	51	33	25
	0—1,0	95	97	81	80	60	80	56	42
	0—1,5	100	99	93	94	74	91	75	57
	0—2,0	100	100	99	98	90	95	87	68
13	0—0,5	82	91	54	51	42	46	33	32
	0—1,0	98	100	81	82	66	79	61	54
	0—1,5	100	100	96	94	74	90	81	70
	0—2,0	100	100	99	99	90	95	91	81
19	0—0,5	70	72	54	38	41	43	37	26
	0—1,0	93	96	81	68	67	80	66	54
	0—1,5	100	100	94	90	83	92	82	66
	0—2,0	100	100	98	97	93	97	91	81
Июль									
1	0—0,5	54	48	40	49	36	56	33	42
	0—1,0	83	77	69	72	61	82	56	69
	0—1,5	95	91	84	87	83	90	74	85
	0—2,0	99	96	92	94	93	98	88	94
7	0—0,5	53	55	50	44	38	54	41	42
	0—1,0	84	80	79	76	70	80	71	71
	0—1,5	98	95	91	93	86	94	86	86
	0—2,0	100	99	96	97	94	99	94	95
13	0—0,5	55	43	42	49	42	38	35	47
	0—1,0	83	69	65	69	73	60	63	70
	0—1,5	98	88	83	89	85	78	80	88
	0—2,0	100	95	92	96	94	88	90	98
19	0—0,5	53	45	41	49	35	42	35	41
	0—1,0	78	77	73	77	59	70	61	78
	0—1,5	93	88	87	89	78	88	80	92
	0—2,0	99	95	95	96	91	95	90	98

балла по Московскому и Грузинскому УГМС. По Новосибирскому УГМС разности $\leq 2,0$ балла составляют 80% и только в два срока наблюдений.

В летние месяцы существенных различий в изменчивости облачности по районам не наблюдается. По общей облачности примерно 90% случаев составляет повторяемость разностей $\leq 1,5$ балла. По нижней облачности повторяемость разностей $\leq 1,5$ балла не всегда достигает 80%. На этом основании рекомендуются следующие ориентировочные допуски: а) по общей облачности — в холодный период 1 балл для станций равнинной части Европейской территории и 1,5 балла для других районов СССР; б) по нижней облачности — 2 балла для всех районов СССР и всех сезонов года.

Допуски эти рекомендуются как ориентировочные для тех случаев, когда по району не наблюдается хорошей корреляционной связи между общей и нижней облачностью (такие случаи могут встретиться во всех УГМС). При наличии по району хорошей связи между общей и нижней облачностью при оценке качества наблюдений рекомендуется руководствоваться фактической изменчивостью отношений (рис. 6). Данные наблюдений, вызывающие сомнения, бракуются, если на корреляционном графике точка, характеризующая эти данные, выходит за пределы эллипса рассеяния.

Допуски для числа дней с отметкой облачности от 0 до 2 и от 8 до 10 баллов, а также по числу ясных и пасмурных дней проверялись по графикам зависимости числа дней от средней облачности. В результате получились следующие выводы.

1) При одинаковой средней облачности на соседних станциях число дней с облачностью по градациям 0—2 и 8—10 баллов может различаться зимой от 2 до 4 дней, летом во всех районах наблюдается одинаковая изменчивость — 4 дня.

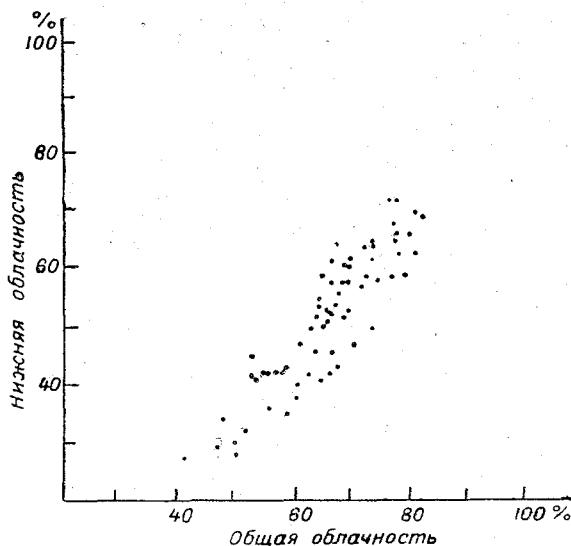


Рис. 6. Зависимость средней нижней облачности от общей (Ленинградское УГМС, июль 1948 г. 13 час.).

2) Число ясных и пасмурных дней при одинаковой облачности может различаться соответственно от 3 до 5 дней.

Управлениям гидрометслужбы рекомендуется пользоваться этим способом анализа при критическом просмотре облачности.

К МЕТОДИКЕ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ВЛАЖНОСТЬЮ И ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА НА ВЫСОКОГОРНЫХ СТАНЦИЯХ

С целью уточнения методики наблюдений и обработки влажности воздуха на высокогорных станциях Методическим отделом Главной геофизической обсерватории в октябре 1946 г. были проведены исследовательские работы на высокогорной станции Казбег. Эти работы ставили своей целью выяснить для горных станций время смачивания батиста психрометра в будке и определить погрешности измерения влажности воздуха в будке аспирационным психрометром и гигрометром.

Наблюдения проводились по двум психрометрам, установленным в будке, по двум аспирационным психрометрам, по двум волосным станционным гигрометрам и двум волосным гигрометрам с постоянным увлажнением. Размещены приборы были в следующем порядке.

В психрометрической будке, установленной на метеорологической площадке станции, на специальном штативе находились следующие приборы.

1. Два сухих и два смоченных психрометрических термометра. Расстояние между одноименными термометрами равнялось 3 см.

2. Два гигрометра, расположенные с севера на юг и лесенкой сверху вниз на месте, положенном для гигрометра.

3. Два гигрометра с кожухом для постоянного увлажнения, расположенные в восточном и западном углах будки у задней стены.

Аспирационные психрометры (а/психрометры) подвешивались на вращающейся перекладине, укрепленной на верхушке столба, что давало возможность всегда сохранять неизменное положение а/психрометров по отношению к направлению ветра. Расстояние от подстилающей поверхности до резервуаров всех термометров составляло 2 м.

Для учета скорости ветра на уровне будки в 5 м друг от друга были установлены ручной анемометр и ветромер Третьякова. Наблюдения по психрометрам в будке велись посери́йно. Одна серия отсчетов следовала за другой. Продолжительность каждой серии отсчетов была неодинакова и зависела от условий погоды, влияющих на высыхание батиста на смоченном термометре. Последовательность отсчетов по психрометрам в будке была следующей. Первый отсчет производился спустя 5 мин. после смачивания батиста, и затем через каждые 5 мин. производились последующие отсчеты, которые велись до тех пор, пока батист не высыхал, и температура по смоченному термометру не начинала расти.

Вслед за отсчетом по сухому термометру психрометра № 1 производился отсчет по сухому термометру психрометра № 2. В этой же последовательности производился и отсчет по смоченным термометрам. Первоочередность отсчетов по психрометру № 1 или № 2 время от времени менялась. Отсчеты по а/психрометрам производились через каждые 15 мин. Всего в течение минуты по каждому а/психрометру производилось по 3 отсчета. Порядок наблюдений по всем приборам был следующим. За 5 мин. до начала отсчетов, производившихся через 15 мин., наблюдались облачность, атмосферные явления и ветер. Анемометр вклю-

чался на 5 мин. одновременно с заводом а/психрометров. Затем без 1,5 мин. каждой четверти часа начинался поочередный отсчет по а/психрометрам. После этого шли отсчеты по психрометрам в будке, по стационарным гигрометрам и, наконец, по гигрометрам с постоянным увлажнением.

Ниже приводятся сводные данные и анализ материала наблюдений.

I. Смачивание батиста

Из 103 наблюдений, произведенных при различных скоростях ветра и различных интервалах во времени с момента смачивания подрезанного (короткого) батиста до момента отсчета по психрометру в будке, распределение установившихся температур по смоченному термометру в процентном отношении приведено в табл. 1.

Как видно из приведенной таблицы, $\frac{3}{4}$ установившихся температур по смоченному термометру приходилось на интервалы времени, не превышающие 20 мин. при скорости ветра 5 м/сек. и выше и 30—45 мин. при скорости ветра до 1 м/сек. Из этой же таблицы видно, что с момента смачивания батиста наивыгоднейшим временем отсчета по психрометру при наличии подрезанного батиста являются 10, 15 и 20 мин., так как в эти сроки получились наименьшие отклонения относительной влажности от средней из шести отсчетов, произведенных через каждые 5 мин.

Таблица 1

	Температура от 0 до -10°											
	Штиль			Скорость ветра на уровне будки 5 м/сек. и выше								
	15	30	45	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Время с момента смачивания батиста до момента отсчета психрометра, мин.	27	40	33	18	23	20	16	9	7	6	1	0
Количество случаев, %	27	40	33	18	23	20	16	9	7	6	1	0
Отклонение от средней величины относительной влажности, взятой за 30 мин., %	5,5	4,0	3,6	8,0	4,0	3,7	3,4	5,0	5,6	6,6	8,6	10,6

Ввиду того что провести достаточное количество наблюдений при равномерном ходе температуры воздуха не удалось, невозможно было установить четкой зависимости между влажностью воздуха и наиболее выгодным сроком смачивания батиста.

Ориентировочно можно считать, что при ветре наибольший процент случаев с максимальной разностью температур ($t - t_1$) приходится:

при влажности воздуха	70%	на 20-й минуте
"	"	50% " 15-й "
"	"	30% " 5—10-й "

На рис. 1 представлен ряд наблюдений, характеризующих ход разностей температуры и относительной влажности в зависимости от ветрового режима, температуры и относительной влажности воздуха. Сплошной линией обозначены показания психрометра № 1, пунктирной — показания психрометра № 2. Из рисунка видно, что при отрицательной температуре воздуха в естественных условиях трудно установить по времени момент установившейся температуры по смоченному термометру. При определении влажности воздуха психрометром в будке следует учитывать ветровой режим, относительную влажность воздуха и ход температуры. В противном случае нельзя быть уверенным в надежности наблюдений над влажностью воздуха. Ненадежность наблюдений возрастает, если на батисте появляется лед. При наличии льда в первую очередь высыхает наветренная сторона. Благо-

даря этому на смоченном термометре только короткое время может удерживаться стационарная температура.

На рис. 2 по данным относительной влажности, где 20 мм соответствует 10⁰/₀, представлены кривые, иллюстрирующие испарение с поверхности подрезанного батиста,

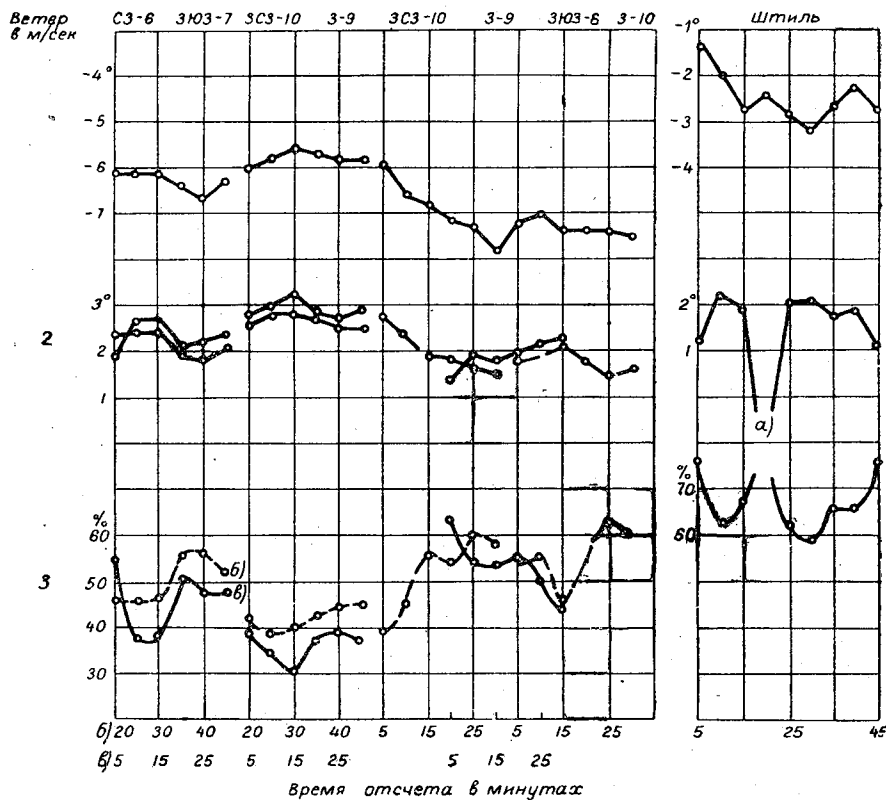


Рис. 1. 1 — t , 2 — $(t - t_1)$, 3 — относительная влажность.
а — переход переохлажденной воды в лед, б — будка № 2, в — будка № 1.

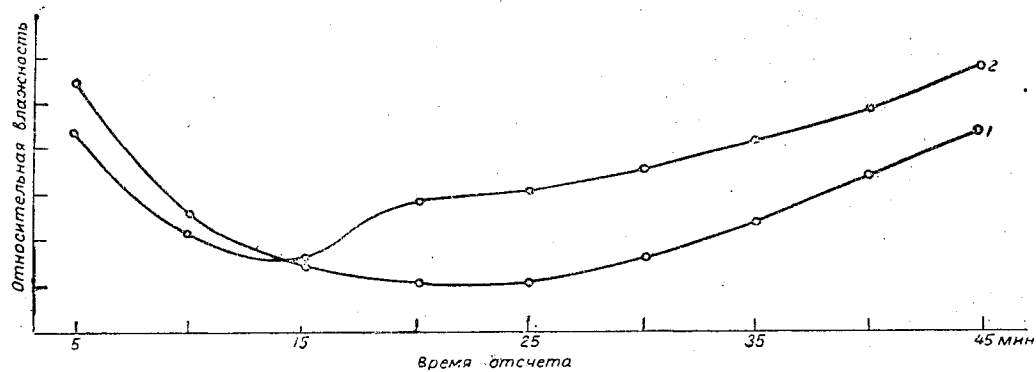


Рис. 2.

1 — кривые высыхания батиста в будке при штиле и температуре около -5°, 2 — кривые высыхания батиста в будке при скорости ветра над будкой 8-12 м/сек. и температуре около -5°.

покрытого ледяной корочкой, в зависимости от ветрового режима, влажности воздуха и хода температуры. В то время как при относительной влажности воздуха порядка 70% и аспирации со скоростью 2 м/сек. в помещении при положительной температуре воздуха устойчивое положение по смоченному термометру длится

около 40 мин., в естественных условиях при температуре воздуха около -5° , различном ветровом режиме и относительной влажности воздуха, как видно из рис. 2, стационарного состояния смоченного термометра психрометра в будке не наблюдается. В лучшем случае, его длительность для штилевой погоды и высокой относительной влажности может исчисляться всего лишь несколькими минутами.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

1. Смачивание подрезанного батиста при отрицательных температурах, близких к 0° , следует производить за 15 мин. до наблюдений при скорости ветра 2 м/сек. и выше и за 35 мин. при скорости ветра 0—1 м/сек. При малой относительной влажности воздуха (от 30% и ниже) смачивание батиста надо производить соответственно за 10 и 30 мин. При больших скоростях ветра смачивание батиста следует производить за 10 мин. до срочного часа.

2. Отсчеты по психрометру в будке необходимо производить дважды. Первый раз — за 5 мин. до срочного часа (5—10 или 25—30 мин. спустя после смачивания) и второй раз — в срочный час, т. е. через 15—35 мин. после смачивания.

3. Влажность воздуха вычисляется по наибольшей разности между показаниями сухого и смоченного термометров ($t - t_1$).

4. Целесообразно заменить существующий способ обвязки резервуара термометра батистом следующим способом. Держа термометр резервуаром кверху, берут влажный батист, имеющий форму квадрата, и накладывают его на резервуар так, чтобы центр квадрата пришелся на низ резервуара. Плотнo обернув батистом весь резервуар, петлю нитки затягивают, как это делается и обычно, у горловины. После этого еще раз аккуратно и тщательно разглаживают образовавшиеся у горловины морщинки на батисте с одновременным натяжением батиста за его края. По окончании разглаживания избыток батиста обрезают около ниточной перевязи.

II. Погрешность показаний психрометра в будке, аспирационного психрометра и гигрометра

По данным одновременных наблюдений по двум психрометрам в будке, двум аспирационным психрометрам и двум гигрометрам, произведенных при различных условиях, определены расхождения в показаниях между ними (табл. 2). Средняя погрешность приведена в табл. 3 и 4.

При анализе данных было установлено, что если два сухих термометра а/психрометра имеют между собою большую величину среднего расхождения в дневное время, а два смоченных термометра — в ночные часы, то для психрометра в будке наблюдается обратная картина: большая величина среднего расхождения между двумя сухими термометрами наблюдается в ночное время, а по смоченным термометрам — в дневные часы.

При наличии ясного неба величина расхождения в показаниях между двумя сухими термометрами у а/психрометров и у психрометров в будке больше при штилевой погоде, чем при наличии ветра. Для смоченных термометров наблюдается обратная картина. Если при наличии пасмурного неба расхождения между двумя сухими термометрами у а/психрометров и у психрометров в будке являются того же порядка, как и при наличии тумана, то величина расхождения между двумя смоченными термометрами у а/психрометров при пасмурном небе меньше, чем при тумане, а у психрометров в будке — наоборот.

Если с увеличением скорости ветра увеличиваются величины расхождений между двумя сухими термометрами у а/психрометров и у психрометров в будке, то между двумя смоченными термометрами у а/психрометров величины расхождения уменьшаются, а у психрометров в будке они растут.

Если расхождение между показаниями двух стационарных гигрометров при низкой относительной влажности больше, чем при высокой, то для гигрометров с постоянным увлажнением наблюдается обратная картина, т. е. величина расхождения при малой относительной влажности меньше, чем при высокой.

Примечание. По психрометру в будке произведено 380 наблюдений, по аспирационному психрометру 305 наблюдений.

Если величина расхождения между показаниями двух обычных гигрометров при наличии штиля и при наличии ветра остается одного и того же порядка, то между двумя гигрометрами с постоянным увлажнением величина расхождения при наличии ветра значительно больше, чем при штиле.

Таблица 3

Прибор	Температура по сухому термометру		Температура по смоченному термометру		
	Погрешность, град.				
	средняя	максимальная	средняя	максимальная	
Психрометр {	аспираци-онный . .	0,06	1,5	0,02	1,1
	в будке . .	0,03	0,2	0,14	0,8

Таблица 4

Прибор		Абсолютная влажность воздуха, мб		Относительная влажность воздуха, %	
		Погрешность			
		средняя	максимальная	средняя	максимальная
Психрометр	аспирацион- ный . . .	0,06	1,5	2	26
	в будке . .	0,08	0,6	2	15
Гигрометр	станцион- ный . . .			5	11
	с постоян- ным увлаж- нением . .			4	16

На основании анализа данных табл. 2 можно сделать следующие выводы.

1. Психрометры в будке дают более близкие показания, чем а/психрометры.
2. Величины расхождения показаний как между двумя а/психрометрами, так и между двумя психрометрами в будке днем больше, чем ночью.
3. Величины расхождения показаний как между двумя а/психрометрами, так и между двумя психрометрами в будке больше при больших скоростях ветра, чем при штилевой погоде.
4. Величины расхождений в показаниях между двумя гигрометрами с постоянным увлажнением при штилевой погоде больше, чем при наличии ветра.

III. Сравнение показаний между психрометром в будке и аспирационным психрометром и между гигрометром и гигрометром с постоянным увлажнением

В табл. 5 приведены величины расхождений в показаниях между установками, полученные из данных одновременных наблюдений по психрометру в будке, а/психрометру и гигрометру с постоянным увлажнением, при различных условиях погоды.

Как видно из приведенной таблицы, показания сухого термометра а/психрометра по сравнению с показаниями такого же термометра психрометра в будке в среднем получились заниженными на $0,1^\circ$. Более половины числа случаев пришлось на расхождения свыше $0,2^\circ$ при максимальном расхождении порядка $\pm 2,0^\circ$. В течение суток величина расхождения не остается однородной. В дневные сроки

наблюдений она выше, чем в ночные. Величина расхождения температуры находится в прямой зависимости и от ветрового режима. При штиле показания психрометра в будке значительно выше, чем показания а/психрометра, а при наличии ветра, наоборот, ниже. Величины расхождения между показаниями смоченных термометров имеют примерно тот же порядок, что и для сухих термометров, с той лишь разницей, что в среднем показания по смоченному термометру психрометра в будке получились завышенными по сравнению с показаниями такого же термометра а/психрометра. Для сухого термометра, как указано выше, наблюдалась обратная картина. Средние величины расхождения между относительной влажностью, вычисленной по психрометру в будке, и показаниями обоих видов гигрометров при наличии низкой влажности и при влажности свыше 50% получились более однородными между собою при смачивании батиста психрометра за 15 мин. до отсчета, чем при смачивании батиста за 30 мин. до срока наблюдений.

Средние величины расхождения между показаниями обычного гигрометра и гигрометра с постоянным увлажнением, полученные в одном случае при низкой влажности воздуха и во втором случае при влажности воздуха свыше 50%, оказались неоднородными. Если при низкой влажности воздуха показания обычного гигрометра были выше, чем показания гигрометра с постоянным увлажнением, то при влажности воздуха свыше 50% показания станционного гигрометра были ниже, чем показания гигрометра с постоянным увлажнением.

На основании анализа данных табл. 5 можно сделать следующие практические выводы.

1. При сравнении показаний температуры воздуха по аспирационному психрометру с показаниями психрометра в будке или, наоборот, во избежание больших погрешностей необходимо учитывать, в какое время суток и при каком ветре были сняты отсчеты по термометру.

2. При приведении или сравнении показаний гигрометра с постоянным увлажнением к показаниям станционного гигрометра или, наоборот, во избежание больших погрешностей необходимо учитывать, при какой относительной влажности воздуха произведены отсчеты по гигрометру.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ УСТАНОВКИ ПРИБОРОВ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

До настоящего времени гидрометеорологические станции оборудовались исключительно деревянными установками, изготовленными согласно стандартам, принятым в системе ГУГМС. Деревянные устройства для установки приборов были испытаны многолетней практикой и считались единственно применимыми.

Однако для некоторых гидрометстанций (высокогорных, полярных и других) деревянные установки оказываются недостаточно прочными. Их приходится дополнительно укреплять растяжками и подпорками, что делает установки громоздкими и вносит трудноучитываемые искажения в показания приборов. Кроме того, ввиду недолговечности деревянных конструкций их необходимо заменять через 5—7 лет, а в песчаных и болотистых грунтах даже чаще. Периодический ремонт и доставка на станции громоздких деталей деревянных конструкций требуют больших расходов. Нужны средства и на добавочную инспекцию, связанную с этим.

Широкое развитие сети станций, особенно строительство станций в отдаленных районах, пустынных и полупустынных местностях, потребовало перехода на металлическое оборудование станций.

Металлические установки долговечны и прочны. Их можно сделать разборными и тем самым облегчить транспортировку. Наконец, самое важное — металл позволяет делать меньшей активную поверхность конструкции и уменьшить ее влияние на показания приборов. С применением металла стало возможным создание незатеняющей ограды и весьма ажурных металлических устройств для установки приборов.

В течение 1948—1949 гг. сотрудниками Методического и Конструкторского отделов ГГО была выполнена экспериментальная часть и конструирование металлических установок.

Перед исполнителями работы была поставлена задача отыскания наиболее рациональных конструктивных форм, создания окончательной конструкции металлических установок и всестороннего исследования их влияния на показания приборов.

В работе принимали участие, кроме авторов настоящей статьи, научные сотрудники Н. В. Серова, М. Л. Лукашина, И. Ф. Скачкова и Н. Н. Круглов. Большую помощь практическими советами оказал начальник экспериментальных мастерских В. С. Алдобаев.

* * *

Экспериментальная часть заключалась в испытании отдельных узлов и отыскании таких конструктивных форм, которые дают наименьшее искажение воздушного потока на метплощадке и обладают наименьшей активной (отражающей) поверхностью. Кроме того, металлическое оборудование нужно было сделать транспортабельным, но в то же время не требующим сложных операций при сборке.

В результате этой работы были разработаны следующие конструкции металлического оборудования:

1. Ограда метеорологической площадки выполнена из металлической сетки с ячейками 100×100 мм, натянутой на рамы, сваренные из угольников 20×20 мм. Рамы-секции навешиваются на стальные трубы диаметром 60 мм, забетонированные в землю. Ограда метеорологической площадки имеет форму квадрата 26×26 м (рис. 1). С северной стороны квадрата закреплена калитка шириной в 1 м. Калитка делается таким же образом, как и рамы. Она навешивается на петлях и имеет накидной замок. Для предохранения от коррозии все части ограды ежегодно покрываются белилами или белой эмалью.

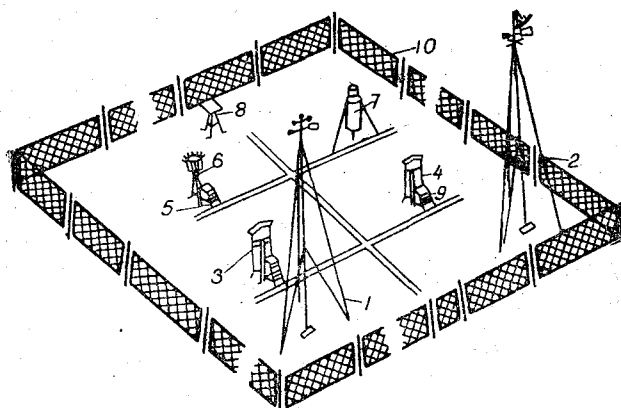


Рис. 1.

60 мм и длиной 5 м каждая, соединенных муфтой. С помощью горизонтальной оси мачты крепятся к основанию — металлическому листу толщиной 5 мм и размером 480×480 мм, имеющему загнутые вниз углы и полуметровый центральный штырь для удержания на месте. Кроме того, мачты крепятся при помощи трех штырей, расположенных по окружности радиусом 3 м и шести оттяжек, идущих от штырей к соединительной муфте в середине мачты и кольцу наверху мачты. Мачты могут наклоняться на землю в плоскости одной из оттяжек.

Приборы (флюгер и анеморумбометр или анеморумбограф) закрепляются на мачтах с помощью специального стального стакана двумя болтами, которые проходят через трубку мачты и крепят стакан. Для ночных наблюдений предусмотрено освещение флюгера от электросети по методу, рекомендованному ГГО. В комплекте металлического оборудования для метплощадки предусмотрены две мачты.

3. Подставка под психрометрическую будку и будку для самописцев (рис. 3) имеет высоту 1,75 м и изготавливается из стальных труб диаметром 25 мм. Подставка состоит из двух трубчатых рам, соединенных между собой железными стержнями диаметром 12 мм. На обоих концах стержней делается нарезка длиной 75 мм, а в стойках

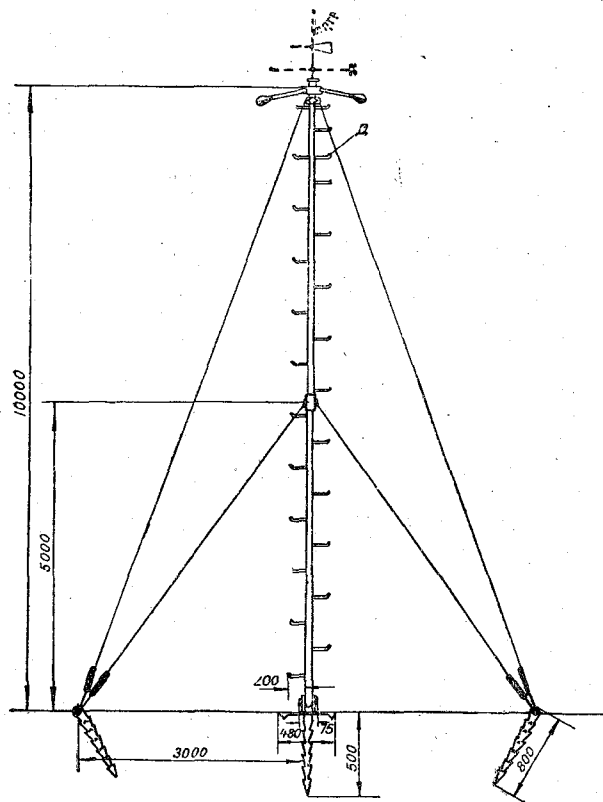


Рис. 2.

рам делаются отверстия для пропуска нарезной части стержней. Стойки рам крепятся со стержнями посредством гаек с шайбами.

Для крепления будки к подставке служат угольники из углового железа $5 \times 50 \times 50$ мм, длиной 40 мм. В центре боковой стороны угольника сверлятся два отверстия для крепления ножек будки. Нижние концы стоек сплющиваются и отгибаются в горизонтальной плоскости на 40 мм. Устанавливается подставка на вкопанные в землю столбики или железные трубы диаметром 100 мм с приваренными к ним железными крышками, имеющими отверстия для крепления подставки. Вся подставка шпаклюется и окрашивается в белый цвет цинковыми белилами. На рис. 3 даны размеры подставки для психрометрической будки, в скобках показаны размеры подставки для будки с самописцами. В комплект входят две подставки: одна подставка под психрометрическую будку и одна под будку с самописцами.

4. Подставка под осадкомер состоит из трех отдельных стоек, изготовленных из железных труб наружным диаметром 25 мм. Оба конца стоек сплюснуты и отогнуты. Верхние концы отогнуты на 20° и поставлены вертикально; к ним с помощью болтов с гайками крепится вертикальное кольцо (цилиндр) диаметром 160 мм и высотой 120 мм, служащее для установки осадкомера. Нижние концы стоек отогнуты на 70° и должны располагаться в горизонтальной плоскости.

Жесткость подставки обеспечивается скрепляющим треугольником, изготовленным также из труб диаметром 25 мм. Треугольник может быть либо сплошным (в этом случае труба в вершинах треугольника сплюснута и изогнута по внутреннему диаметру 25 мм), либо состоящим из трех частей (в этом случае концы каждой трубы сплюснуты и также изогнуты по диаметру 25 мм).

Крепление осадкомера к подставке производится двенадцатью болтами, которыми он привинчивается к вертикальному кольцу.

На подставке может быть в случае необходимости установлен и дождемер с конусной защитой. Для этого к верху кольца привариваются крест-накрест впритык железные пластинки из полосового железа 4×40 мм, в которых делаются продольные пазы длиной 40 мм и шириной 9 мм. Дождемер к пластинкам крепится четырьмя болтами.

Крепление этой подставки на земле производится так же, как и крепление подставки под психрометрическую будку (на столбиках или на трубах). Подставка под осадкомер шпаклюется и окрашивается в белый цвет эмалью или цинковыми белилами.

5. Разборные лесенки к метеорологическим будкам (психрометрической и для самописцев) и к осадкомеру различаются только размерами. На рис. 4 основные размеры относятся к лесенке для психрометрической будки, а размеры в скобках — к лесенке для осадкомера.

Остовом лесенки служат две боковые рамы из стальных труб, скрепленных с одной стороны железным стержнем с гайками, а с другой — ступеньками.

Верхняя площадка лесенки представляет собой раму, состоящую из двух кусков углового железа $4 \times 20 \times 20$ мм, к которым приварены семь железных полос

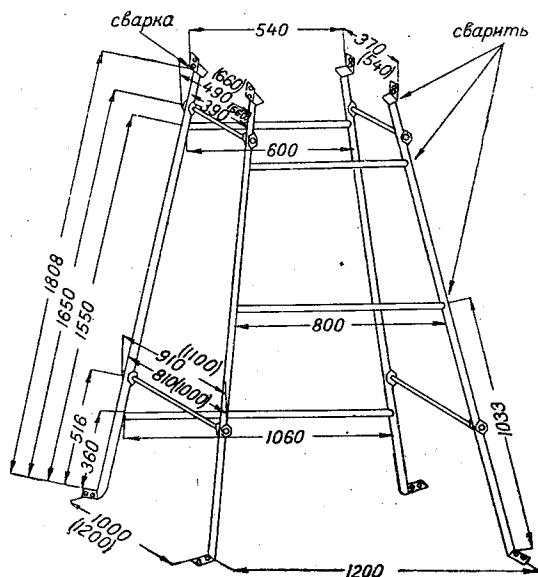


Рис. 3.

4×14 мм и одна трубка с переднего края площадки диаметром 14 мм. Расстояние между полосами 60 мм. Площадка скрепляется с рамами посредством болтов. Ниже верхней площадки имеются три ступеньки, выполняемые также из семи железных полос тех же размеров, что и верхняя площадка. Рама ступенек состоит из двух железных полос 4×55×150 мм. Расстояние между полосками, составляющими ступеньки, в отличие от верхней площадки, составляет 21 мм. Чтобы стойки лесенки не врезались в землю, к ним привариваются металлические тарелки с шипами, которыми они и опираются о землю. Сбоку лесенки, в левом заднем углу площадки, приваривается трубка В диаметром 44,5 мм, длиной 100 мм, которая служит для крепления ручки. Лесенка окрашивается цинковыми белилами. В комплект оборудования входят две лесенки к будкам и одна к осадкомеру.

6. Подставка под плювиограф представляет собой трубу диаметром 100 мм, длиной 1,2 м, половина которой закапывается в землю. Во избежание оседания подставки под тяжестью плювиографа на конец трубы приваривается железная

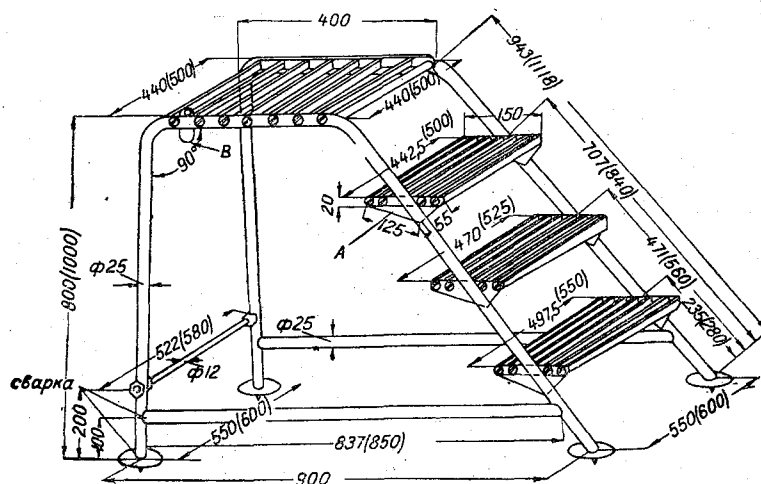


Рис. 4.

плита диаметром 30 см. Плювиограф закрепляется при помощи болтов на крестовине, приваренной к верхней части трубы. Кроме того, на тех станциях, где наблюдаются очень сильные ветры, плювиограф закрепляют дополнительно при помощи трех растяжек. Подставку окрашивают в белый цвет.

7. Подставка под актинометрические приборы своей конструкцией напоминает подставку под дождемер. Она также состоит из трех отдельных трубчатых стоек диаметром 25 мм. Общая высота подставки составляет 1,1 м. Нижние концы труб расплющиваются и отгибаются для крепления их болтами к деревянным столбикам или трубам, закопанным в землю. Для жесткости стойки скрепляются угольником из труб или полосового железа на высоте 0,5 м от земли. Верхние части труб также сплющиваются и отгибаются. К отогнутым частям привинчивается кольцо диаметром 16 см и высотой 12 см. К кольцу привариваются крест-накрест пластины из полосового железа 40×4 мм. К пластинкам болтами крепится деревянный столик 40×40 см, на который ставится или закрепляется прибор. Подставка шпаклюется и окрашивается в белый цвет. По мысли авторов, подставка под актинометрические приборы не должна входить в комплект как обязательный предмет, а будет запрашиваться потребителями по мере надобности.

Таким образом, в комплект металлического оборудования метплощадки, разработанной ГГО, входят одиннадцать предметов оборудования (считая ограду за один предмет). Комплект рассчитан на объем работы сетевой гидрометеорологической станции II разряда. При необходимости оборудовать станцию I разряда или вне-разрядную научно-исследовательскую станцию могут быть объединены два и даже

три комплекта, поскольку размеры метплощадки и количество устанавливаемых приборов соответственно увеличиваются.

На рис. 1 показано примерное расположение металлических конструкций на метплощадке: 1 — анеморумбометр дистанционного действия или анеморумбограф, 2 — флюгер с тяжелой или легкой доской, 3 — психрометрическая будка, 4 — будка для самописцев, 5 — лесенка к осадкомеру, 6 — осадкомер, 7 — пьювиограф, 8 — подставка для актинометрических приборов, 9 — две металлические лесенки, 10 — металлическая ограда.

* * *

Металлические конструкции установок приборов испытывались в естественных условиях на метстанции Главной геофизической обсерватории в пос. Воейково Ленинградской области и на метстанции Маштаги Азербайджанского УГМС. Был учтен также опыт использования комплектов металлического оборудования на других станциях, полученный при инспекциях местных УГМС.

Испытания преследовали цель проверки удобства эксплуатации металлических конструкций для установок приборов в различных климатических условиях, а также проверки влияния их на показания приборов, имея в виду различие радиационных свойств и теплопроводности металлических и деревянных конструкций. Проверка производилась путем сравнения показаний приборов на металлической и на стандартной деревянной установках. При испытаниях принимались во внимание различие погодных условий, различие температур по абсолютной величине и различное напряжение солнечной радиации.

Испытания показали следующее:

1) Мачта для анеморумбометра и мачта для флюгера каких-либо измеримых искажений в воздушный поток вообще не вносят и этим выгодно отличаются от деревянных столбов. При существующих сетевых методах измерений направления и скорости ветра расхождение в показаниях приборов, установленных на деревянных столбах и на мачтах, не обнаруживается. Система освещения флюгера себя оправдывает. Вместе с тем металлические мачты имеют очень много преимуществ перед деревянными столбами: устойчивость, прочность, совершенно не сравнимая с деревянными столбами долговечность, удобство транспортировки и простота установки в тяжелых грунтах.

В процессе испытаний выявилось, что при наличии хорошо работающего приспособления, опускающего мачту, ступеньки для подъема к прибору делать не обязательно.

2) Подставка к психрометрической будке и лесенка к ней испытывались особенно детально, поскольку имелись мнения о большом различии тепловых и радиационных свойств металлических и применяемых в настоящее время деревянных конструкций, а также о возможном искажении показаний приборов в будке металлическими подставками. Испытания полностью опровергли эти мнения. Основные результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Как видно из табл. 1 (раздел А), расхождения между показаниями термометров в будках на стандартных деревянных подставках имеют тот же порядок, что и расхождения между показаниями термометров в будке на стандартной установке и в будке на металлической установке.

Разделы Б и В показывают, что при более высоких температурах (соответствующих солнечным дням) и при переходе от утра ко второй половине дня (тоже в солнечные дни) не происходит увеличения разностей, что имело бы место при наличии влияния металлической установки.

Из табл. 2 видно, что величины разностей не зависят от той или иной группировки по погодным условиям, что имело бы место для $\Delta(\delta_2 - \delta_m)$ при наличии влияния металлической установки.

Параллельно и независимо такие же испытания производились на ст. Маштаги Азербайджанского УГМС. Испытание производилось путем сравнения отсчетов термометров за четыре срока в двух будках: на металлической подставке с метал-

лической же лесенкой и на деревянной с деревянной лесенкой. Основные результаты испытаний приводятся в двух таблицах.

Таблица 1

Повторяемость числа случаев различных значений разности температуры по показаниям термометров

Разделы	Условия наблюдений	Разности	Разности температуры, град.													Общее число случаев		
			-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6		0,7	
А		$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$	1			1	2	3	10	22	43	10	7	2	1	1	1	92
		$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$			1	1	11	24	36	10				1				92
Б	При низких температурах $\leq 17^\circ$	$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$							1	6	12							19
		$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$							1	7	9	2						19
	При высоких температурах $\geq 20^\circ$	$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$						6	7	3	3							19
		$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$				1		1	6	8	1	2						19
В	До полудня	$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$						1	3	3	9	4	2			1		23
		$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$						4	5	7	2	5						23
	После полудня	$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$							3	8	10	2						23
		$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$				1		2	6	12								23

Примечание δ_1 и δ_2 — отсчеты термометров в будках на стандартных деревянных подставках и с деревянными лесенками; δ_m — отсчеты термометра в будке на металлической установке.

Таблица 2

Средние значения разностей показаний термометров для различных погодных условий

Случаи	Условия наблюдений	Число случаев	Средние значения		Примечание
			$\Delta(\delta_1 - \delta_2)$	$\Delta(\delta_2 - \delta_m)$	
1	Солнечные дни . .	62	0,18	0,06	Солнце непрерывно, с утра до конца наблюдений
2	Смешанные „ . .	25	0,16	0,09	
3	Пасмурные „ . . .	10	0,16	0,11	Солнце периодически заслоняется облаками
4	Дни со слабым ветром	11	0,16	0,10	
5	Дни со слабым ветром и солнцем . .	5	0,18	0,10	По ветромеру на $h=2$ м $v=2$ м/сек. Условия погоды случаев 1 и 2
6	Все случаи наблюдений	97	0,17	0,07	

Из табл. 3 следует, что на ст. Маштаги наблюдались лишь отдельные случаи, когда разности выходили за пределы точности измерений. Несколько менее четкий результат получился при наблюдении в 13 час., что может быть объяснено тем, что в период интенсивного прогрева подстилающей поверхности в первой половине дня вследствие неравномерности конвективного потока возможны вообще большие расхождения между единичными отсчетами термометров, расположенных на некотором удалении один от другого.

Из табл. 4 следует, что и в случаях, наиболее благоприятных для обнаружения влияния металлических конструкций, разности лишь в единичных случаях выходят за пределы точности измерений.

Таблица 3

Повторяемость (в %) величин разностей показаний термометров

Сроки наблюдений	Число случаев	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Для четырех сроков наблюдений 1, 7, 13, 19 . . .	368	1	2	3	9	20	28	27	4	2	1	0,6	0,6	0,6	0,3
Для трехдневных сроков (1, 13, 19)	276	1	3	3	9	21	27	25	4	2	1	0,7	0,8	0,8	0,4
Для ночного срока (01)	92			5	10	19	30	30	3	1	1				
Для утреннего срока (07)	92		2	5	17	28	26	16	1	2	1				
Для дневного срока (13)	92	5	7	4	8	19	13	21	8	4	4	1	2	1	1
Для вечернего срока (19)	92				3	17	43	34	1	1					

Таблица 4

Повторяемость (число случаев) величин разностей показаний термометров для случаев высоких температур, ясного неба и слабого ветра

Условия наблюдений	Общее число случаев	Разности температуры, град.													
		—0,6	—0,5	—0,4	—0,3	—0,2	—0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
Температура $\geq 28^\circ$	50	3	2	2	3	10	7	11	7	1	1	1	2		
Температура $\geq 28^\circ$, ясно	32	1	1	1	3	8	6	7	2	1	1	1			
Температура $\geq 28^\circ$, ясно, слабый ветер ≤ 3 м/сек.	9			1	1	3	4								

Таким образом, результаты испытания металлической установки психрометрических будок на метстанциях ГГО и Маштаги позволили сделать следующие выводы:

а. Малые значения разностей (лежащие в пределах точности измерений) между показаниями термометров в будке на стандартной деревянной установке и термометров в будке на металлической установке, а также одинаковый их порядок, показывают, что сколько-нибудь заметное влияние металлических конструкций на температуру воздуха в будке отсутствует.

б. Единичные случаи сравнительно больших разностей ($\geq 0,4$) между показаниями термометров следует считать случайными, что подтверждается сравнением показаний термометров в двух будках на стандартной деревянной установке.

3) Подставка для будки самописцев и лесенка к ней испытывались путем сравнения записей самописцев, установленных в двух будках на стандартной установке и в будке на металлической установке.

Сравнительное рассмотрение лент самописцев не обнаружило никаких отклонений для самописцев, установленных в будке на металлической установке.

Преимущества металлической установки состоят в том, что она прочно удерживает будку даже при сильных порывистых ветрах; благодаря этому исключаются размазанные и вибрирующие записи самописцев, которые трудно обрабатывать. Металлическая установка в противоположность деревянной не расшатывается со временем и не требует укрепления с помощью растяжек.

4) Подставки для осадкомера (дождемера), плувиографа и актинометрических приборов не ухудшают показаний этих приборов. При испытании дождемера с конусной защитой отмечались случаи, когда при сильных ветрах, ввиду большой

парусности дождемерной защиты, установка вибрировала, но это не отразилось заметным образом на количестве собранных осадков.

5) Ограда метплощадки каких-либо искажений в показания приборов, установленных на площадке, не вносит. Влияние ее на залегание снежного покрова заметно не отличается от влияния ограды из колючей проволоки и значительно меньше влияния оград всех других типов.

Преимущества металлической ограды весьма значительны: большая прочность, стойкость к различным неблагоприятным явлениям, значительно лучшие ограждающие свойства, долговечность. В последнее время с мест и из Главного управления гидрометслужбы поступили пожелания о декоративном оформлении верхней части ограды. Некоторые гидрометстанции указывают, что оформление ограды желательно выполнить в виде коротких (80—100 мм) заостренных стержней (копий), закрепленных вертикально на верхней планке каждой секции, что улучшит ограждающие качества всей ограды.

После того как комплекты металлического оборудования стали производиться заводами гидрометслужбы и рассылаться на сеть станций, появилась возможность сбора и обобщения опыта использования их на сети. Этот опыт показывает, что эксплуатационные особенности металлических комплектов состоят в том, что металлические установки обладают большой прочностью и устойчивостью против различных неблагоприятных факторов и во времени, но при плохом уходе подвержены ржавлению. В связи с этим при эксплуатации металлического оборудования встает вопрос о необходимости ежегодной окраски всего комплекта или о применении какого-либо более прочного заводского покрытия.

Благодаря ажурности металлических конструкций они значительно меньше, чем деревянные, искажают ветровой режим на метплощадке, а в зимнее время способствуют меньшему нарушению естественного залегания снежного покрова на ней.

Испытание металлических конструкций и опыт их применения на сети позволяют сделать заключение, что они безусловно соответствуют своему назначению. Каких-либо заметных искажений в показания приборов они не вносят.

Комплект металлического оборудования площадок метстанций обеспечит значительно лучшее состояние и содержание станций и большую сравнимость наблюдений.

О ПОГРЕШНОСТИ МАГНИТНЫХ ВАРИАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И О МЕТОДЕ ИХ ОБРАБОТКИ

§ 1. При рассмотрении метода обработки вариационных наблюдений и их погрешности мы остановимся только на случае фотографической записи вариаций и составлении таблиц ежечасных значений. В подавляющем большинстве случаев регистрируются вариации склонения (δD) горизонтальной (δH) и вертикальной (δZ) сил.

Напомним вкратце процесс обработки.

1. После того как проявленная лента достаточно просушена, с нее за каждый час снимается по методу равных площадей средняя от базисной линии ордината. Отсчет величины ординаты, произведенный по миллиметровой шкале с точностью до 0,1 мм, вносится в специальную таблицу (табл. I). В эту же таблицу вносятся наибольшее и наименьшее значения ординаты за сутки с той же степенью точности и время их наступления с точностью до 0,1 часа.

2. По проверенным числам табл. I составляется табл. II. Процесс ее составления состоит в умножении величины ординаты, выраженной в миллиметрах, на цену деления соответствующего элемента.

В результате в каждую клетку таблицы проставляется число, выражающее эту ординату в десятых долях минуты для δD и в гаммах для δH и δZ . Эта операция носит название редукции. К числам этой же таблицы придается поправка для приведения наблюдений δH и δZ к одной температуре. Иногда эта поправка, выраженная в миллиметрах, придается к числам табл. I. Это, однако, не имеет существенного значения. Разумеется, все операции в этих таблицах проверяются, чтобы была исключена возможность технических ошибок и просчетов.

3. В табл. III помещаются абсолютные значения измеряемой величины (D, H, Z), полученные прибавлением величины ординаты, взятой из табл. II, к соответствующему базисному значению, выраженному в абсолютных единицах.

Составленная таким образом табл. III подвергается дальнейшей обработке. Осреднением значений, расположенных в строках, получают среднее суточное значение элемента. Из осредненных часовых значений, расположенных в столбцах, получают среднее месячное часовое значение данной величины. Так же получают средний максимум, средний минимум и среднюю месячную амплитуду. Во избежание технических ошибок и просчетов вся таблица детально пересчитывается.

Таблица III служит исходным материалом для научного и практического использования. Она дает возможность изучать средние особенности магнитных вариаций — суточных, годовых и вековых, а также средние особенности возмущений. Для научных исследований из этой таблицы используются:

- 1) средний месячный суточный ход по спокойным и возмущенным дням,
- 2) средние суточные значения для получения эффекта после возмущения,
- 3) средние месячные значения для изучения годового хода,
- 4) средние годовые значения для изучения векового хода,
- 5) в редких случаях — ежечасные значения для исследования возмущения по времени бури.

Работники магнитных съемок для практических целей приведения используют средние часовые значения элементов по дням, для которых $C=0$ или 1, и средний месячный суточный ход по всем дням, а также то и другое в сочетании со средним годовым значением.

Окончательные значения в табл. III принято получать с той же степенью точности, что и каждое промежуточное число; даже в годовых выводах сохраняется тот же знак. Такой способ округления результата нельзя считать правильным, так как вероятная погрешность арифметического среднего из большого числа равноточных значений значительно меньше, чем погрешность каждого отдельного измерения. Именно для среднего месячного значения H или Z , выведенного из 744 ежечасных значений, каждое из которых формально имеет погрешность $\pm 0,5\gamma$ (половина единицы последнего знака), эта погрешность выразится величиной

$$\Delta H (\Delta Z) = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\frac{744 (0,5)^2}{744 \cdot 743}} \approx \pm 0,013\gamma.$$

В последовательности чисел, представляющих среднюю месячную суточную вариацию магнитных элементов, вероятная погрешность каждого среднего часового значения H и Z составит $\pm 0,06\gamma$, а среднего часового значения $D \pm 0,006'$. Немногом больше величина вероятной погрешности среднего суточного значения, выведенного из 24 ежечасных величин: ($\Delta H (\Delta Z) \cong \pm 0,07\gamma$, $\Delta D \cong \pm 0,007'$).

§ 2. Конструкция магнитографов, которыми снабжены магнитные обсерватории Советского Союза, их особенности и недостатки ограничивают точность записи вариаций и установления различного рода констант, а в целом ставят предел для точности получаемых величин. Поэтому надо выбрать такую методику обработки, которая обеспечила бы реальную точность величин от полученных записей, не преувеличивала бы достоинства аппаратуры и занимала наименьшее количество времени.

Вопрос в том, какая точность нужна для научных и практических целей, вовсе не связан с установлением реальной точности измерений на существующей аппаратуре.

Допустим, что среднее суточное значение элемента и средний месячный суточный ход в табл. III даны с требуемой для науки точностью. Тогда граница погрешности, как об этом упомянуто раньше, по силам не превышает $\pm 0,5\gamma$, а по углам $\pm 0,05'$.

Подсчитаем, какова должна быть погрешность отдельного ежечасного значения элемента, чтобы среднее из 24 или 30 значений имело указанную погрешность. Из формулы

$$R = \pm \frac{2}{3} \frac{v}{\sqrt{n-1}},$$

где R — вероятная погрешность результата, n — число равноточных измерений, v — остаточная погрешность (разность между наблюдаемым и среднеарифметическим значением), легко подсчитать, какова допустимая погрешность ежечасного значения.

Положив $R = 0,5\gamma$ (или $0,05'$), а $n = 24$, получим для сил $v = \pm 3,6\gamma$, а для углов $v \pm 0,36'$. Исходя из цены деления, принятой на большинстве магнитных обсерваторий и считаемой, таким образом, наилучшей, а именно,

$$\epsilon_D = 1,0 \text{ мин./деление} = 5\gamma/\text{деление}, \quad \epsilon_H = \epsilon_Z = 5\gamma/\text{деление},$$

мы имеем допустимую погрешность при снятии ординат в среднем $\pm 0,5$ мм. Мы ее берем несколько меньшей, чем получается из подсчета, имея в виду, что не все погрешности можно отнести к величине снимаемой ординаты.

§ 3. Рассмотрим, какие причины влияют на показания вариометров и какова погрешность из-за того, что мы пренебрегаем учетом этого влияния, или из-за того, что мы не можем его учесть. Эти причины следующие:

- 1) неправильная установка вариометров,
 - 2) влияние одного вариометра на другой,
 - 3) неточное значение температурного коэффициента,
 - 4) неточное значение цены деления,
 - 5) усадка лент после фотографического процесса и изменение их размеров в зависимости от влажности воздуха,
 - 6) погрешность при снятии ординаты,
 - 7) центрирование среднего за час значения ординаты к середине часа.
- Остановимся в отдельности на каждой из этих причин.

1) Неправильная установка вариометров. Для подсчета величины влияния неправильной установки вариометров на их показания мы воспользовались выводами Б. М. Яновского [1].

D-вариометр. Если *D*-вариометр установлен неточно по магнитному меридиану и α — угол между магнитным меридианом и направлением магнитной оси магнита, то на вариациях склонения будут сказываться вариации горизонтальной силы, причем это влияние в $\operatorname{tg} \alpha$ раз меньше влияния вариаций склонения. Для Ленинграда, где $H = 15\,000\gamma$ и вариации склонения в $0,23'$ соответствует изменение его, выраженное в единицах напряженности поля в 1γ ($\delta H = H \sin 1' \delta D'$), при угле $\alpha = 1^\circ$, вариация горизонтальной силы в 50γ вызовет изменение склонения в $0,2'$.

H-вариометр. Когда вариометр горизонтальной силы установлен так, что магнитная ось магнита составляет с магнитным меридианом угол $90^\circ \pm \alpha$, то на магнит влияет не только вариация горизонтальной силы, но и вариация склонения. Влияние последней в $\operatorname{ctg} \alpha$ раз меньше влияния первой. Таким образом, при величине вариации склонения в 50γ ($11,5'$) влияние ее на показания *H*-вариометра выразится величиной равной $\frac{\delta D}{\operatorname{ctg} \alpha}$. Положив $\alpha = 1^\circ$, имеем $\frac{\delta D}{\operatorname{ctg} \alpha} = \frac{50\gamma}{57} \approx 1\gamma$.

Z-вариометр. На вариации *Z*-вариометра (ллойдовых весов) оказывают влияние угол наклона θ магнитной оси магнита к горизонту и угол ψ , составленный плоскостью колебаний магнитной системы с магнитным меридианом.

При $\theta = 0$ и $\psi = 90^\circ$ на положение магнитной системы весов влияет только вариация δZ . Так как выполнения этих условий практически ожидать нельзя, то на вариациях δZ сказывается влияние *H* и *D*. Практически это влияние порядка 1% от вариаций. Таким образом, влияние неправильной установки вариометров на величину вариаций лежит в достаточно узких пределах, если соблюдены условия правильной их установки.

Влиянием причин, указанных в пунктах 2 и 3, можно пренебречь, так как принимаемые при установке вариометров меры позволяют это сделать.

4. Неточное значение цены деления. Причины, вызывающие ошибки в цене деления вариометров, следующие:

- а) погрешность определений,
 - б) влияние на величину цены деления температуры,
 - в) зависимость цены деления от величины ординаты.
- а) Погрешность электрического метода определения цены деления зависит от неточного знания трех величин, а именно: постоянной колец, силы измеряемого тока и величины ординаты. Определение этих трех величин с точностью до 1% может быть обеспечено без особого труда. Цена деления, определенная магнитометрическим методом, имеет погрешность во всяком случае не меньше, чем определенная электрическим методом. Просмотр большого числа магнитных ежегодников, как отечественных [2, 3], так и иностранных [4, 5, 6, 7], показал, что и практически цена деления может быть определена с погрешностью $1-1,5\%$. Будучи по своей сущности ошибкой систематической, она бы не оказала влияния при неизменной ординате, так как в равной мере отразилась бы на величине ординаты и на величине базисного значения. При переменной ординате (а это обусловлено существованием вариаций) погрешность носит случайный характер.

Полагая, что среднее отклонение от средней ординаты не превышает 10 мм, мы должны положить погрешность от неточного знания цены деления при $\epsilon_D = \epsilon_H = \epsilon_Z = 5\gamma$ равной $\frac{5 \cdot 1,5}{100} 10 = 0,75\gamma$, что соответствует 0,15 мм.

б) Влияние на величину цены деления температуры обусловлено, как известно, изменением коэффициента кручения нити и магнитного момента магнита [1, 8, 9]. Для уменьшения этого влияния производят температурную компенсацию в H - и Z -вариометрах и поддерживают в помещении, где стоят вариометры, постоянную температуру. Таким образом, погрешностью цены деления от изменения температуры мы можем пренебречь.

в) Цена деления H - и Z -вариометра зависит от величины ординаты [6, 7, 10]. Из ряда наблюдений в различных обсерваториях выяснено, что в среднем $\frac{d\epsilon}{dh}$ для горизонтальной силы порядка $0,002—0,003 \frac{\gamma}{\text{мм}}$. По данным магнитной обсерватории в Воейково $\frac{d\epsilon}{dh}$ для горизонтальной силы составляет около $0,004 \frac{\gamma}{\text{мм}}$. Для

вертикальной силы такой определенности наблюдателям подметить не удалось. Так как указанная величина вообще весьма мала, то для высоты магнитограммы (200 мм) всегда можно пользоваться средней ценой деления без существенной погрешности.

5. Усадка лент после фотографического процесса и изменение их размеров в зависимости от влажности воздуха. Усадка лент происходит после процесса проявления или же от изменения влажности окружающего воздуха. В первом случае, какова бы ни была усадка, она не будет иметь никакого значения при определении цены деления электрическим методом. В полной мере она скажется при определении ϵ_D из геометрических соотношений. Так как величина ϵ_D является исходной при определении ϵ_H и ϵ_Z магнитометрическим методом, то усадка скажется на значениях ϵ_H и ϵ_Z в процентном отношении на величину, равную влиянию ее на ϵ_D . Усадка ленты после ее проявления, по иностранным источникам, составляет величину порядка 1% [6, 7]. Для бумаги, которой пользуются в настоящее время на магнитных обсерваториях гидрометслужбы, по нашим измерениям, усадка колеблется от 0,2 до $0,5\%$. Поэтому погрешность определения цены деления магнитометрическим путем также будет составлять величину от 0,2 до $0,5\%$, и эту погрешность надо учитывать. Подсчитав среднее отклонение от средней ординаты в ± 10 мм, найдем, что погрешность от пренебрежения усадкой на величину ординаты магнитометрическим методом выразится величиной от 0,02 до 0,06 мм.

Изменение размеров ленты от изменения влажности воздуха невелико, и его можно принять равным 0,05 мм. Однако в практике бывали случаи, когда повторно снятые ординаты давали систематические расхождения с ранее полученными значениями в 0,2 мм.

Таким образом, общая погрешность ординаты от усадки лент находится в пределах от 0,07 до 0,10 мм.

6. Погрешность при снятии ординаты. При снятии средней ординаты за час по методу равных площадей погрешность вызывается двумя причинами: неверной оценкой на глаз равенства площадей, находящихся выше и ниже средней линии, и неверной оценкой отсчета по миллиметровой шкале. При оценке равенства площадей погрешность, как это установлено на основании большого опыта, может достигать 0,2 мм. При оценке десятых долей по миллиметровой шкале на глаз личная ошибка наблюдателя может доходить до 0,1 деления, составляя в среднем 0,03—0,05 деления для разных наблюдателей [11].

Хотя личная ошибка является систематической, мы ее должны принять в расчет, так как учесть ее мы не можем, и она окажет влияние на результат, тем более что каждый наблюдатель имеет свою личную ошибку. Таким образом, погрешность снятия ординат выразится величиной порядка 0,25 мм.

7. Центрирование среднего за час значения ординаты к середине часа не вызывает погрешности только при спокойном суточном ходе. При возмущениях, сопро-

вождаемых неправильными, часто резкими и внезапными изменениями магнитных элементов, центрирование к середине часа является ошибочным. Величину этой ошибки учесть трудно. Во всяком случае, она существует и для возмущенных часов в некоторых случаях может достигать величины 0,5 мм и даже больше.

Мы оставили в стороне учет погрешности при снятии ординат во время магнитных возмущений и бурь, когда они в значительной мере превышают величину в 0,25 мм.

Рассмотрев величины погрешностей от различных причин, мы можем подсчитать, какова суммарная погрешность, вызываемая этими причинами, представив ее в миллиметрах. Мы должны учесть следующие погрешности.

а) Погрешность от неправильной установки вариометров, которую мы посчитали не превышающей 1% от амплитуды элемента вызывающего влияние на другой элемент. Величины этих погрешностей на D порядка 0,2', на H и Z порядка 1γ, т. е. в переводе на миллиметры 0,2; так как это есть суммарная величина погрешности, то в среднем часовом значении она выразится величиной порядка 0,01 мм.

б) Погрешность от неточного знания цены деления, принятая нами равной 1,5%, по подсчету составляет 0,15 мм.

в) Погрешность от изменения влажности воздуха, условно равная 0,05 мм.

г) Погрешность от снятия ординаты и отсчета, равная 0,25 мм.

д) Погрешность от пренебрежения усадкой при магнитометрическом способе определения цены деления равная 0,04 мм.

Сумма всех погрешностей на величину снятой ординаты выразится как

$$\Delta n = \pm (0,25 + 0,05 + 0,01 + 0,15 + 0,04) \text{ мм} \approx \pm 0,5 \text{ мм.}$$

При подсчете некоторые погрешности оставлены без внимания, поэтому вместо квадратичной погрешности берем арифметическую сумму всех погрешностей. Таким образом, подсчет реальной погрешности при снятии ординаты и ее редукции дал 0,5 мм, т. е. такую величину, которая получается при подсчете допустимой погрешности при снятии ординат, если среднее суточное значение магнитного элемента имеет погрешность $\pm 0,5\gamma$. Следовательно, среднюю часовую ординату достаточно снимать с точностью в 1 мм.

§ 4. В соответствии с этим в обсерватории в Воейково была произведена обработка записей магнитных вариаций D , H и Z за два месяца (июнь и июль 1951 г.) по несколько упрощенной программе, помимо обработки общепринятой. Среднюю часовую ординату и мгновенную ординату для экстремальных значений снимали с точностью до 1 мм. При контроле ординат расхождения в 1 мм не проверяли по ленте, а два полученных значения осредняли с округлением до 1 мм в четную сторону. Во всем остальном обработка была произведена как обычно.

Сравнение результатов обработки, произведенной по предложенному способу (мы называем его облегченным), за июль с общепринятым привело к следующему.

1. Отклонения среднего часового значения, полученного по облегченному методу, от среднего часового значения, полученного общепринятым методом, в редких случаях достигало $\pm 5\gamma$. Отклонения в 1 и 2γ составляли большинство.

В табл. 1 представлено число случаев отклонений ежечасных значений, полученных облегченным методом, от общепринятого за июль 1951 г.

В таблице не приводятся сравнения за июнь, так как на этом материале происходило обучение новому методу снятия ординат.

2. Расхождения в величине амплитуд в среднем месячном значении не превышали $\pm 1\gamma$, достигая в суточных значениях $\pm 5\gamma$. Если же пользоваться данными табл. 1, то это расхождение в редких случаях может достигать $\pm 10\gamma$.

Таблица 1

Элемент	Величина отклонения					
	0	$\pm 1\gamma$	$\pm 2\gamma$	$\pm 3\gamma$	$\pm 4\gamma$	$\pm 5\gamma$
Z	382	267	85	10	0	0
H	259	306	122	48	9	4
D	176	296	182	65	25	0
Среднее . . .	272	289	133	41	11	1

3. Сравнение средних суточных значений и среднего месячного-суточного хода, полученного по двум способам обработки, показало, что расхождения не превышают $\pm 1\gamma$ по всем трем элементам, причем количество этих расхождений по числу случаев не превышает 33%.

4. Расхождения в 1γ могут наблюдаться и в среднем месячном значении.

5. Экономия времени при облегченном методе обработки в годовом итоге выражается следующими числами: для техников — 3 человеко-месяца, для научных сотрудников — 1 человеко-месяц.

§ 5. Существуют и дальнейшие пути упрощения обработки лент самопишущих вариационных приборов.

Выше было указано, какими из обработанных величин пользуются для научных и практических целей. Наиболее редко для научных целей пользуются ежечасными значениями магнитных элементов (из табл. III); практики же ими пользуются не сразу для всех обсерваторий и не за весь год. Поэтому целесообразно дальнейшее упрощение или, вернее, сокращение обработки. Это сокращение предполагается провести следующим образом.

Поскольку абсолютными значениями ежечасных величин пользуются весьма редко, то на их вычисление не стоит тратить времени. Необходимо иметь следующие абсолютные значения магнитных элементов: среднее суточное, среднее часовое за месяц, среднее месячное, наибольший за сутки и средний за месяц размах (амплитуда). Все элементы, кроме амплитуд, должны быть вычислены по трем категориям дней: все дни, спокойные дни и возмущенные дни.

При указанном сокращении и упрощении обработки весь ее процесс состоит из следующих операций.

1. В табл. I помещаются все ординаты в миллиметрах в том объеме, как это производится и в настоящее время, но снятые с точностью до 1 мм.

2. Суммирование ординат по горизонтали и вертикали производится в табл. 1, где ординаты выражены в миллиметрах.

3. Полученные суммы редуцируются в гаммы и минуты по имеющимся ценам деления, выведенным с обычной точностью до 0,01 от измеряемой величины.

4. Составляется специальная месячная таблица поправок на температуру для Z и H в гаммах и эти поправки суммируются по строкам и по столбцам.

5. Полученные суммы придаются к соответствующим суммам табл. I, редуцированным в гаммы.

6. Исправленные таким образом суммы ординат по H и Z в гаммах и сумма ординат по D в десятых долях минуты делением на 24 или 30 (31) соответственно превращаются в среднюю суточную или среднюю месячную часовую ординату. Во избежание потери в точности значение ординаты по вертикали вычисляется с точностью на один знак выше, чем требуемая (0,1 γ для H и Z и 0,01' для D).

7. К среднему суточному и среднему месячному базисному значению измеряемой величины прибавляют ранее вычисленное значение ординаты соответственно. Во избежание потери в точности среднее месячное базисное значение надо брать с точностью на один знак выше, чем требуемое (0,1 γ для H и Z и 0,01' для D).

8. Обработка экстремальных значений производится как обычно.

§ 6. Нами была подсчитана экономия времени, получающаяся при таком способе обработки, причем за основу были взяты установленные в обсерватории в Воейково нормы. Эта экономия времени выразилась для техников в 2,5 человеко-месяца, для специалистов в 0,5 человеко-месяца.

Таким образом, общая экономия времени от введения облегченного способа снятия ординат и от сокращения обработки выразится в общей сложности для техников в 5,5 человеко-месяца, для специалистов в 1,5 человеко-месяца, что представляет уже значительную долю годового объема времени. Такая экономия времени получается без всякого ущерба для окончательной точности получаемых величин.

§ 7. Остановимся еще на вопросе о погрешности абсолютных значений магнитных величин, получаемых из обработки вариометров. Погрешность абсолютного значения, получаемого из вариационных изменений, складывается из двух величин:

а) погрешности величины ординаты, прибавляемой к базисному значению, выраженному в абсолютных единицах для Z и H и в градусной мере для D . При существующей методике обработки величина каждого представленного в табл. II абсолютного значения ординаты формально имеет погрешность по силам $\pm 0,5\gamma$, по углам $\pm 0,05'$;

б) погрешности базисного значения, выраженного в тех же единицах.

Более правильно говорить о точности вывода базисного значения, чем о его погрешности.

В самом деле, наблюдаемое базисное значение считается истинным, хотя известно, что каждое такое значение, кроме случайных погрешностей, включает и систематическую погрешность, зависящую от погрешностей самого прибора и методики измерения. Оставляя в стороне вопрос о погрешности абсолютных определений, остановимся только на точности вывода базисного значения, понимая под этим среднее годовое отклонение наблюдаемой величины от принятой. Иногда эта точность больше характеризует собою степень искусства подведения базисной линии к наблюдаемым базисным значениям.

Был просмотрен ряд магнитных ежегодников, отечественных и зарубежных [2, 3, 4, 5, 6, 7], где в отчетах указывается средняя точность вывода базисных значений.

Подсчет точности в различных обсерваториях осуществляется по-разному. В одних подсчитывается среднее арифметическое значение модуля отклонений, в других — среднее квадратичное. Однообразия в подсчете точностей не наблюдается.

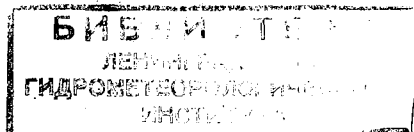
С 1938 г. и позже средняя точность вывода базисных значений по всем просмотренным обсерваториям составляла по D $0,1' - 0,3'$ по H $1,5\gamma - 3\gamma$, по Z $4\gamma - 5\gamma$.

Установленная НИИЗМ точность вывода базисных значений, как и следовало ожидать, близка к указанной нами и равна по D $0,1' - 0,3'$, по H $2\gamma - 3\gamma$, по Z $4\gamma - 5\gamma$, то есть в несколько раз превышает точность, требуемую при обработке вариаций.

Вопрос о погрешности значений, полученных из абсолютных наблюдений, и о величине допустимой погрешности абсолютных и вариационных измерений требует особого рассмотрения и здесь не затрагивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яновский Б. М. Теория вариационных приборов. Гидрометеиздат, 1938.
2. Летописи ГФО, часть I за 1876—1896, 1906—1911, 1914 гг.
3. Геомагнитный и электрометеорологический бюллетень № 16—26.
4. Ergebnisse der Beobachtungen des magnetischen Observatoriums zu Lovö (Stokholm) im Jahre 1938—1946.
5. Publicationer fra det Danske Meteorologiske Institut Aarboger. Annuaire magnetique 1^{ère} partie. Le Danemark 1940—1942.
6. Magnetic observatory Results of San Juan, Puerto-Rico, for 1926—1928, 1929—1930.
7. Magnetic observatory Results of Sitsa, Alaska, for 1933—1934.
8. Forbusch S. E. Some practical aspects of the theory of the Unifar — Horizontal Intensity Variometer Terr. Magn. vol. 39, N 2, 1934.
9. Hartnell George. Variation of the Horizontal -- Intensity variometer Scal — Value with Temperature. Terr. Magn. vol. 36, N 1, 1931.
10. Mc Comb H. E. The Sensitivity of the Variometers. Terr. Magn. vol. 33, N 2, 1928.
11. Маликов М. Ф. Основы метрологии. 1949.



Редактор *Н. П. Русин.*

Техн. редактор *М. И. Брайнина.*

Корректор *М. П. Бушева.*

Сдано в набор 24/III 1952 г.

Подписано к печати 21/VII 1952 г.

Изд. № 11.

Индекс МЛ-11.

Бумага 70×108^{1/16}.

Бум. л. 27/8.

Печ. зн. в 1 бум. л. 106 480.

Печ. л. 11,13.

Уч. изд. л. 8,37.

Тираж 500 экз.

Гидрометеиздат, г. Ленинград 1952 г. Номинал по прейскуранту 1952 г. Цена 5 руб. 86 коп.

М-33777.

Заказ № 774.

2-я типо-литография Гидрометеиздата, г. Ленинград, Прачечный пер. 6.