

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 07.01.2021 21:04:22

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерно-технологический институт

**Кафедра водоснабжения
и водоотведения**

Гидрология, метеорология и регулирование стока»

**Методические указания к лабораторным работам
для студентов очной и заочной форм обучения направления
подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»**

Уссурийск 2016

УДК 551.5:630

Составитель: В.Н. Децик, кандидат географических наук, доцент

Рецензент: Г.М. Сидорова, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

Гидрология, метеорология и регулирование стока: методические указания к лабораторным работам для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» / ФГБОУ ВО «Приморская ГСХА»; сост. В.Н. Децик. - Уссурийск, 2016. - 31 с.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО
«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Гидрология, метеорология и регулирование стока» является важной естественнонаучной дисциплиной учебного плана подготовки бакалавров направления «Природообустройство и водопользование». Она состоит из четырех основных разделов: метеорология, климатология, гидрология и регулирование стока. Важным разделом дисциплины являются метеорологические и гидрологические наблюдения и измерения, поэтому учебный план содержит соответствующие лабораторные работы. Основная задача этих занятий – ознакомить студентов с устройством и принципом работы метеорологических и гидрометрических приборов и устройств, а также с методикой основных гидрометеорологических наблюдений. Это позволит студентам получить практические навыки работы с приборами и освоить методику обработки полученных данных.

1. Лабораторная работа «Измерение атмосферного давления, скорости и направления ветра».

1.1 Цель и задачи работы

Цель работы: изучить приборы и методику измерения атмосферного давления, скорости и направления ветра.

Задачи работы:

- изучить приборы для измерения атмосферного давления, скорости и направления ветра;
- изучить методику измерения атмосферного давления с помощью барометров-анероидов и барографов;

- изучить методику определения скорости ветра с помощью ручного анемометра МС-13;
- построить розу ветров.

Приборы и оборудование: барометр-анероид БАММ-1, барограф М-22А, анеморумбометр, анемометр МС-13, флюгер, секундомер, вентилятор.

1.2 Измерение атмосферного давления

1.2.1 Атмосферное давление

Атмосферное давление – это сила, с которой давит на земную поверхность столб земной атмосферы.

Основной единицей измерения давления является Паскаль (Па).

В метеорологии России с 1980 г. атмосферное давление принято выражать в гектопаскалях (гПа) с точностью до 0,1 гПа. До этого времени давление измеряли в миллибарах (мб) и миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.).

Между этими единицами измерения существуют следующие соотношения

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа} = 1,33 \text{ мб} .$$

Основным прибором для измерения атмосферного давления в России является стационарный чашечный барометр СР, измеряющий давление с помощью столба ртути. Высота столба ртути зависит от ускорения свободного падения, которое увеличивается от экватора к полюсам и уменьшается с ростом высоты местности над уровнем моря. Поэтому показания СР с помощью специальных поправок приводятся к географической широте в сорок пять градусов и высоте над уровнем моря 0,0 м.

Кроме барометра СР на метеостанциях широко используются барометры-анероиды, принцип действия которых основан на деформации

специальных мембранных анероидных коробок под действием колебаний атмосферного давления.

Атмосферное давление на уровне моря при температуре воздуха 0 градусов Цельсия равно 760 мм рт. ст. (1013 гПа) называется **нормальным атмосферным давлением**. Это понятие широко используется в метеорологии и климатологии.

1.2.2 Измерение атмосферного давления барометрами-анероидами

В работе необходимо измерить атмосферное давление с помощью **барометра БАММ-1**, который является наиболее распространенным барометром-анероидом в нашей стране. Датчиком давления в нем являются три последовательно соединенные анероидные коробки, деформация которых при изменении атмосферного давления с помощью передаточного механизма преобразуется в условные перемещения стрелки измерительной шкалы. Для измерения температуры прибора на барометре установлен термометр. Прибор хранится горизонтально в специальном футляре, который открывается только на время измерений.

Порядок измерений:

- барометр установить горизонтально на столе;
- снять отсчет температуры прибора с точностью до 0,1 градуса;
- слегка постучав по стеклу барометра снять показания с точностью до 0,1 гПа.

Обработка измерений.

В показания барометра вводят 3 поправки

$$P = P_{\text{Э}} \pm \Delta P_{\text{Ф}} \pm \Delta P_t \pm \Delta P_A \quad \text{гПа}, \quad (1)$$

где $P_{\text{Э}}$ - измеренные показания прибора, гПа;

$\Delta P_{\emptyset}$ - шкаловая поправка, учитывающая неточность изготовления прибора, гПа;

ΔP_t - температурная поправка, с помощью которой показания барометра приводятся к температуре 0 градусов Цельсия, гПа;

ΔP_A - добавочная поправка, учитывающая влияние остаточной деформации anerоидных коробок на показания прибора, гПа.

Шкаловая поправка определяется в зависимости от $P_{\check{e}}$ по поверочному свидетельству данного барометра. Таким же образом определяют добавочную поправку ΔP_A .

Температурная поправка рассчитывается по формуле

$$\Delta P_t = \Delta p \cdot \Delta t, \quad \text{гПа} \quad (2)$$

где Δp - температурная поправка на 1 градус, определяемая по поверочному свидетельству барометра, гПа;

Δt - отклонение температуры барометра от 0 градуса Цельсия.

Для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления применяются барографы. Наиболее распространены **барографы М – 22 А**. Барограф состоит из барабана с часовым механизмом и anerоидного блока. Деформации anerоидных коробок при изменении атмосферного давления с помощью системы рычагов передаются на стрелку. Стрелка заканчивается пером, которое чертит на ленте барографа, закрепленной на барабане, график изменения атмосферного давления. В зависимости от скорости вращения барабана барографы делятся на суточные и недельные.

Подготовка барографа к работе:

- на барабан накладывают специальную бумажную ленту, на которой записывается дата и время установки;
- заводят часовой механизм и барабан надевают на неподвижную ось на корпусе прибора;

- поворачивая барабан на оси, на бумажной ленте совмещают перо стрелки с вертикальной линией времени установки барабана;
- поворачивая регулировочный винт, на бумажной ленте совмещают перо с горизонтальной линией, соответствующей атмосферному давлению в момент установки прибора;
- прибор устанавливают вдали от отопительных систем, окон и дверей;
- для сравнения показаний барографа и барометра во время работы прибора в стандартные сроки наблюдений нажатием на специальную кнопку делаются засечки на ленте.

Обработка результатов измерений:

- после истечения времени полного оборота барабана бумажная лента снимается;
- путем сравнения показаний барометра и барографа в стандартные сроки наблюдений (засечек) определяют величины поправок в показания барографа;
- по графику на ленте барографа можно определить величину атмосферного давления в любой момент времени. При этом в данные барографа необходимо вводить поправки.

1.3 Измерение скорости и направления ветра

1.3.1 Ветер

Ветер – горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности из-за различия атмосферного давления в разных точках земной поверхности. Характеризуется ветер направлением и скоростью. За направление ветра принимается та часть горизонта, откуда дует ветер. Направление ветра определяется в румбах по 16-ти румбовой системе. Скорость ветра измеряется в м/с.

На метеостанциях направление и скорость ветра измеряется на высоте 10-12 м над земной поверхностью с помощью флюгеров и анеморумбометров. Для непрерывной регистрации скорости и направления ветра служат анеморумбографы.

Для измерения скорости ветра в полевых условиях применяются ручные анемометры.

1.3.2 Приборы для измерения скорости и направления ветра

Флюгеры стационарные. Основным прибором для измерения скорости и направления ветра на метеостанциях является флюгер. Флюгеры делятся на два вида: с легкой доской (ФВЛ) и с тяжелой (ФВТ). Первый предназначен для измерения скорости ветра до 20 м/с, а второй – до 40 м/с.

Направление ветра определяется по положению флюгарки, которая свободно вращается вокруг вертикальной оси в зависимости от направления ветра. Для этого нужно встать вплотную к столбу, на котором установлен флюгер, и установить среднее за 2 минуты положение флюгарки относительно системы из 8 неподвижных указательных штифтов, соответствующих направлению сторон света: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ,

Для определения скорости ветра служит прямоугольная металлическая пластина (доска), которая свободно вращается на горизонтальной оси. Скорость ветра определяется в зависимости от величины отклонения пластины от вертикального положения. Для этого необходимо определить среднее за 2 минуты положение пластины относительно 8 штифтов на дуге. По номеру штифта определяется величина скорости ветра (таблица 1).

Анеморумбометры. Анеморумбометры предназначены для дистанционного измерения средней, мгновенной и максимальной скорости и осредненного направления ветра. Они состоят из датчика, установленного на мачте на метеоплощадке; измерительного пульта, установленного в

помещении метеостанции; блока питания и соединительного кабеля. Направление ветра измеряется с точностью до 5 градусов.

Таблица 1 – Таблица для определения скорости ветра, м/с

Положение пластины	ФВЛ	ФВТ	Положение пластины	ФВЛ	ФВТ
Штифт 0	0	0	Штифт 4	8	16
Между 0 и 1	1	2	Между 4 и 5	9	18
Штифт 1	2	4	Штифт 5	10	20
Между 1 и 2	3	6	Между 5 и 6	12	24
Штифт 2	4	8	Штифт 6	14	28
Между 2 и 3	5	10	Между 6 и 7	17	34
Штифт 3	6	12	Штифт 7	20	40
Между 3 и 4	7	14	Выше 7	20	40

Анемометр ручной чашечный МС-13. Данный прибор предназначен для измерения скорости ветра при проведении полевых научных исследований. Он состоит из вертушки и корпуса со счетным механизмом. Циферблат прибора имеет 3 шкалы. Счетный механизм включается специальным рычагом – арретиром.

1.3.3 Измерение скорости ветра с помощью анемометра МС – 13

Установка прибора. Анемометр устанавливается на нужной высоте с помощью столба. На столбе он крепится путем ввинчивания винта, расположенного снизу корпуса.

Измерения. Скорость ветра измеряется в следующем порядке:

- в таблицу (табл. 2) записывают начальные показания счетчика оборотов;

- через 20-30 секунд, когда скорость вращения вертушки устанавливается, одновременно включаются счетный механизм и секундомер;

- через 10 минут секундомер и счетный механизм выключают и записывают конечные показания счетчика оборотов и время работы анемометра.

Таблица 2 - Определение скорости ветра ручным анемометром

Место измерений	N_f	$N_{\hat{e}}$	ΔN	$t, \text{ с}$	n	Скорость ветра, м/с
--------------------	-------	---------------	------------	----------------	-----	------------------------

Обработка результатов измерений. Результаты измерений ведутся в следующей последовательности.

1. Определяется число оборотов вертушки за время работы счетчика

$$\Delta N = N_{\hat{e}} - N_f, \quad (3)$$

где $N_{\hat{e}}$ - конечный отсчет, об;

N_f - начальный отсчет, об.

2. Рассчитывается частота оборотов вертушки

$$n = \frac{\Delta N}{t} \quad 1/\text{с}, \quad (4)$$

где t - время работы счетчика оборотов, с.

3. По прилагаемому к анемометру графику зависимости скорости ветра от частоты оборотов определяется скорость ветра.

1.4 Роза ветров

Роза ветров – графическое изображение повторяемости направлений ветра за месяц, сезон или год. Для ее построения на бумаге чертится система основных 8 румбов. Затем в принятом масштабе от центра координат по оси каждого румба откладывают повторяемости ветра данного направления, которые выписываются из справочника. Соединив концы полученных отрезков прямыми линиями, вычерчивают восьмиугольник, дающий наглядное представление о преобладающих направлениях ветра в данной местности. В центре чертится окружность, где записываются число штилей.

В работе необходимо вычертить розу ветров в соответствии с исходными данными, которые берут из таблицы 3 в соответствии с вариантом.

Таблица 3 – Повторяемость направлений ветра (%) и среднее число штилей

Вариант	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Число штилей
1	3	7	35	11	6	10	20	8	7
2	9	8	13	5	6	10	33	16	9
3	6	22	11	5	9	37	4	6	13
4	16	35	8	6	7	11	10	7	7
5	8	24	13	7	7	35	2	4	22
6	13	32	5	3	10	14	13	10	13
7	3	19	8	2	12	40	7	9	7
8	9	26	1	1	14	18	17	14	10
9	9	23	2	3	8	20	19	16	15
10	16	35	8	8	7	11	10	7	22
11	9	25	14	8	6	34	11	3	14
12	15	5	22	30	12	10	3	3	9

1.5 Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется в следующем порядке.

1. Изучить теоретические основы наблюдений за атмосферным давлением и ветровым режимом.
2. Изучается устройство барометра-анероида БАММ-1.
3. Производится измерение атмосферного давления с помощью БАММ-1.
4. Изучается устройство и подготавливается к работе барограф М-22А.
5. Изучается устройство флюгеров и методика измерения с их помощью скорости и направления ветра.
6. Изучается устройство и работа анемометра ручного МС-13.
7. Производится измерение скорости ветра с помощью МС-13.
8. Построить розу ветров по индивидуальным данным.

2. Лабораторная работа «Измерение температуры воздуха и почвы, влажности воздуха»

2.1 Цель и задачи работы

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения температуры воздуха и почвы, влажности воздуха.

Задачи работы:

- ознакомиться с приборами для измерения температуры и влажности воздуха;
- ознакомиться с приборами для измерения температуры и глубины промерзания почвы;
- изучить методику измерения температуры и влажности воздуха.

Приборы и оборудование: термометры ТМ-4, ТМ-3, ТМ-1, ТМ-2; коленчатые термометры ТМ-5, вытяжные термометры ТВП-50, мерзлотомер АМ-21, термограф, аспирационный психрометр МВ-4М, гигрометр МВ-1, гигрограф М-21А.

2.2 Измерение температуры воздуха и почвы

2.2.1 Общие положения

Температура воздуха и почвы измеряется в градусах Цельсия. Температура воздуха на метеостанциях измеряется на высоте 2 м над поверхностью земли. При этом определяется максимальная и минимальная суточная температура, а также температура в стандартные сроки метеонаблюдений: 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час по Московскому декретному времени. Кроме этого производится непрерывная фиксация температуры воздуха с помощью термографа. Приборы устанавливаются в психрометрических будках.

Температурный режим почвы изучается по результатам наблюдений на двух площадках: с оголенной и естественной поверхностью.

На оголенной площадке, поверхность которой регулярно рыхлится и очищается от растительности и снега, круглогодично измеряется температура поверхности почвы: максимальная и минимальная суточная, а также температура в стандартные сроки метеонаблюдений. В теплый период года на этой площадке дополнительно измеряют температуру пахотного слоя на глубине 5, 10, 15 и 20 см с помощью коленчатых термометров ТМ-5.

На площадке с естественной поверхностью круглогодично измеряют температуру почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см с помощью вытяжных термометров ТВП-50. Здесь же устанавливается мерзлотомер для определения глубин промерзания и оттаивания почвы.

В показания всех термометров вводится шкаловая поправка согласно поверочного свидетельства.

2.2.2 Измерение температуры воздуха

Психрометрический термометр ТМ-4 служит для измерения температуры воздуха в стандартные сроки наблюдений. Это ртутный

термометр, поэтому при температуре ниже -20 градусов дополнительно используют спиртовой термометр ТМ-9.

Максимальный термометр ТМ-1 служит для измерения наибольшей температуры воздуха за сутки. Это ртутный термометр, работающий по принципу медицинского.

Минимальный термометр ТМ-2 предназначен для измерения самой низкой температуры за сутки. В этом спиртовом термометре в качестве указателя служит штифт из темного стекла, который свободно перемещается в капилляре. Отсчет минимальной температуры производится по противоположному от резервуара концу штифта. При снижении температуры спирт сжимается и движется по капилляру в сторону резервуара, перемещая за собой штифт. При повышении температуры спирт расширяется и движется вверх по капилляру, свободно обтекая штифт, который остается в положении минимальной суточной температуры. Чтобы подготовить ТМ-2 к следующему измерению, необходимо на некоторое время поднять его резервуаром вверх.

Перечисленные термометры на метеоплощадке установлены в психрометрической будке. При этом термометры ТМ-4 и ТМ-9 крепятся вертикально, а термометры ТМ-1 и ТМ-2 укладываются резервуарами в сторону востока: ТМ-2 - строго горизонтально, а ТМ-1 - с небольшим наклоном в сторону резервуара.

Термограф М-16А служит для непрерывной записи изменений температуры воздуха во времени. Датчиком температуры в нем служит биметаллическая пластина, соединенная со стрелкой системой тяг. В остальном устройство термографа такое же, как и у барографа. Подготовка термографа к работе производится в таком же порядке, что и барографа. Необходимое для этого значение температуры воздуха в момент установки определяют по термометру ТМ-4. В процессе работы прибора в стандартные сроки метеонаблюдений на ленте с помощью специальной кнопки делаются засечки, необходимые для последующей обработки результатов наблюдений.

Обработка ленты термографа. Термограф – прибор относительный, поэтому в его показания вводятся поправки. Для этого в нижней части ленты записывают ежечасные показания термографа с точностью до 0,1 градуса. Затем выше этих данных в часы засечек записывают показания термометра ТМ-4 и определяют разность показаний этих приборов, которую со своим знаком записывают между верхней и нижней строчкой. Эти величины являются поправками в показания термографа в стандартные сроки наблюдений. В остальные часы поправка определяется путем интерполирования. Алгебраическая сумма поправки и показания термографа – исправленные значения температуры воздуха по термографу (табл. 4).

Таблица 4 – Обработка ленты термографа М-16А

Московское время, час	0	1	2	3	4	5	6	и т.д.
Температура по ТМ-4	10,5			8,2			6,1	
Поправка	0,4	0,3	0,2	0,1	0	-0,1	-0,2	
Температура по термографу	10,1	9,5	8,9	8,1	7,2	6,7	6,3	
Исправленное значение температуры по М-16А	10,5	9,8	9,1	8,2	7,2	6,6	6,1	

2.2.3 Измерение температуры почвы

Измерение температуры поверхности почвы на оголенной площадке производится с помощью следующих термометров.

Срочный термометр **ТМ-3** предназначен для измерения температуры поверхности почвы в стандартные сроки метеонаблюдений. Это ртутный термометр с делениями через 0,5 градуса.

Максимальный термометр **ТМ-1** и минимальный термометр **ТМ-2** используются для измерения максимальной и минимальной температуры поверхности почвы соответственно.

Все эти термометры размещают в середине оголенной площадке резервуарами на восток. При этом они должны быть наполовину углублены в почву для полного контакта с поверхностью. Срочный и минимальный термометры укладываются строго горизонтально, а максимальный – с небольшим уклоном в сторону резервуара.

Измерение температуры пахотного слоя почвы на оголенной площадке производится с помощью коленчатых термометров ТМ-5. В комплект входят 4 термометра для измерения температуры на глубине 5, 10, 15 и 20 см. Термометры устанавливаются параллельно через 10 см с востока на запад и под углом 45 градусов к поверхности почвы. При этом резервуар каждого термометра должен находиться на заданной глубине. Отсчеты производят с точностью 0,1 градуса, не вынимая термометры из почвы.

Измерение температуры почвогрунтов на площадке с естественным растительным покровом производится с помощью вытяжных почвенных термометров ТВП-50. Термометр ТВП-50 – это ртутный термометр с ценой деления 0,2 градуса, помещенный в специальную оправу. Оправа с термометром крепится на деревянном шесте, длина которого зависит от глубины установки термометра. Для установки термометра в грунте размещают специальную эбонитовую трубку с металлическим колпачком на конце. Деревянный шест с термометром опускают в трубку так, чтобы термометр слегка касался металлического колпачка на дне трубки. Этим обеспечивается измерение температуры почвы на строго определенной глубине.

Термометры ТВП-50 в количестве 8 штук устанавливаются на площадке с естественной поверхностью, в ряд с востока на запад через 50 см.

2.2.4 Наблюдения за глубиной промерзания и оттаивания почвы

Наблюдения производят с помощью мерзлотомера **АМ-21** с момента наступления отрицательных температур до полного оттаивания почвы.

Мерзлотомер АМ-21 состоит из резиновой трубки длиной 150 или 300 см, на которой нанесены сантиметровые деления. Трубка заполнена дистиллированной водой и с обоих концов закрыта пробками. Внутри трубки проходит капроновый шнур с узелками, препятствующий передвижению образовавшегося в ней столбика льда.

Мерзлотомер устанавливается в специальную пластиковую трубку, помещенную в просверленную в почве скважину. Для измерения глубины промерзания почвы мерзлотомер вытягивают из скважины и прощупыванием определяют границу льда и воды, которая будет соответствовать глубине промерзания почвы.

2.3 Измерение влажности воздуха

2.3.1 Влажность воздуха и ее характеристики

Влажность воздуха характеризует содержание водяного пара в атмосфере. Для оценки влажности воздуха используют следующие характеристики.

Абсолютная влажность воздуха a – это масса водяного пара, содержащаяся в единице объема воздуха. Она измеряется в кг на 1 кубический метр.

Парциальное давление водяного пара e – это давление, которое имел бы водяной пар, если бы он занимал данный объем один. Парциальное давление измеряется в гПа и мб.

Давление насыщенного пара E – это парциальное давление водяного пара, максимально возможное при данной температуре. Определяется в зависимости от температуры воздуха (табл. 5).

Относительная влажность воздуха f характеризует степень насыщения воздуха водяным паром

$$f = \frac{\dot{a}}{\dot{A}} \cdot 100 \quad \% . \quad (5)$$

Дефицит (недостаток) насыщения водяного пара d - это разность между давлением насыщенного водяного пара и парциальным давлением водяного пара при одних и тех же значениях атмосферного давления и температуры воздуха

$$d = E - e \quad \text{гПа.} \quad (6)$$

Точка росы - это температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе при данном давлении, достигает состояния насыщения.

Для измерения влажности воздуха обычно используют психрометрический и гигрометрический методы.

Психрометрический метод основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от влажности воздуха. В этом методе влажность воздуха рассчитывается в зависимости от показаний сухого и смоченного термометров по формуле

$$e = E_m - A \cdot p (t - t_m) \quad \text{гПа,} \quad (7)$$

где E_m - давление насыщенного водяного пара при температуре смоченного термометра, гПа;

A - психрометрический коэффициент, зависящий от типа психрометра;

p - атмосферное давление, гПа;

t - температура воздуха по сухому термометру, град;

t_i - температура воздуха по смоченному термометру, град.

Этот метод достаточно надежен при температуре воздуха до - 10 градусов Цельсия.

Гигрометрический метод основан на использовании свойства обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности воздуха.

2.3.2 Измерение влажности воздуха психрометрическим методом

Для измерения влажности воздуха психрометрическим методом служат стационарный и аспирационный психрометры.

Стационарный психрометр состоит из двух одинаковых психрометрических термометров ТМ-4 с ценой деления 0,2 градуса. Эти термометры крепятся вертикально к штативу в психрометрической будке.

Резервуар правого термометра, в отличие от левого, плотно обернут батистом, нижний конец которого погружается в стаканчик с дистиллированной водой. Поэтому правый термометр принято называть смоченным, а левый – сухим. Батист, которым обернут резервуар смоченного термометра, должен быть всегда влажным.

Измерения заключаются в снятии показаний сухого и смоченного термометров. По этим данным по формуле (7) рассчитывается парциальное давление водяного пара. При этом коэффициент A равен $A = 0,0007947$. Затем

по формулам (5-7) определяют остальные характеристики влажности воздуха. Все вычисления заносят в таблицу 6.

Таблица 5 – Давление насыщенного водяного пара E , гПа

Температура	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0,0	20,6	22,0	23,4	24,9	26,5	28,1	29,9	31,7	33,6	35,7
0,1	20,8	22,1	23,5	25,0	26,6	28,3	30,0	31,9	33,8	35,9
0,2	20,9	22,3	23,7	25,2	26,8	28,5	30,2	32,1	34,0	36,1

0,3	21,0	22,4	23,8	25,4	26,9	28,6	30,4	32,3	34,2	36,3
0,4	21,2	22,5	24,0	25,5	27,1	28,8	30,6	32,5	34,4	36,5
0,5	21,3	22,7	24,1	25,7	27,3	29,0	30,8	32,7	34,6	36,8
0,6	21,4	22,8	24,3	25,8	27,4	29,2	31,0	32,9	34,9	37,0
0,7	21,6	23,0	24,4	26,0	27,6	29,3	31,1	33,0	35,1	37,2
0,8	21,7	23,1	24,6	26,1	27,8	29,5	31,3	33,2	35,3	37,4
0,9	21,8	23,2	24,7	26,3	27,9	29,7	31,5	33,4	35,5	37,6

Таблица 6 – Расчет влажности воздуха психрометрическим методом

	t	t_i	p ,	E ,	E_i ,	e ,	f ,	d ,
Время			гПа	гПа	гПа	гПа	%	гПа

Аспирационный психрометр МВ - 4 М предназначен для измерения влажности воздуха в походных условиях. По принципу действия он аналогичен стационарному: состоит из двух психрометрических термометров ТМ-6, находящихся в специальном корпусе с системой принудительного обдува резервуаров. Резервуар правого обернут батистом, который за 4 минуты до измерения смачивается дистиллированной водой с помощью резиновой груши.

Для измерения прибор устанавливается горизонтально или вертикально на заданной высоте и заводится пружина всасывающего вентилятора (аспиратора). Через 4 минуты работы аспиратора быстро снимают показания сухого и смоченного термометров. Затем производятся расчеты характеристик влажности воздуха в том же порядке, что и при использовании данных стационарного психрометра. **Коэффициент А** для аспирационного психрометра МВ – 4М равен 0,000662. Результаты измерений и расчетов заносят в таблицу 6.

В лабораторной работе влажность воздуха измеряется психрометром МВ-4М.

2.3.3 Измерение влажности воздуха гигрометрическим методом

На метеостанциях используют два вида волосных гигрометров: гигрометр МВ-1 и гигрограф М-21А.

Волосной гигрометр МВ-1 предназначен для измерения относительной влажности воздуха. При температуре воздуха ниже – 10 градусов он является основным прибором для измерения влажности воздуха на метеостанциях.

Датчиком влажности в этом приборе служит натянутый обезжиренный человеческий волос, связанный со стрелкой механическим устройством. При изменении влажности воздуха меняется длина волоса, и стрелка поворачиваясь, фиксирует относительную влажность воздуха на шкале с делениями от 0 до 100 %.

Волосной гигрометр устанавливается на штативе в психометрической будке между сухим и смоченным термометрами. Подготовка гигрометра к работе состоит в такой установке стрелки, когда ее показания соответствуют относительной влажности в момент установки, определенной с помощью психрометра. Это достигается с помощью специального регулировочного винта в верхней точке прибора.

Измерения производятся с точностью 1% относительной влажности. Волосной гигрометр – это относительный прибор, поэтому его показания сравнивают с показаниями психрометра. Для этого в течение одного месяца до наступления морозов производят параллельные наблюдения по психрометру и гигрометру. Затем строится график связи этих отсчетов, по которому приводят показания гигрометра к показаниям психрометра в зимний период. По полученному значению относительной влажности рассчитываются остальные характеристики влажности воздуха.

Гигрограф волосной М-21А предназначен для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха. Он отличается от термографа тем, что в качестве датчика влажности воздуха в нем служит пучок обезжиренных человеческих волос. Изменение длины пучка волос при колебаниях влажности воздуха с помощью системы рычагов передаются

стрелке с пером, которая вычерчивает на ленте барабана график колебаний относительной влажности воздуха.

Гигрограф - прибор относительный, поэтому его показания приводятся к показаниям психрометра. Для этого во все стандартные сроки метеонаблюдений с помощью специальной кнопки на ленте делаются засечки. Затем строится график связи одновременных показаний гигрографа и психрометра, служащий для корректировки величин относительной влажности воздуха, определенных с помощью гигрографа.

2.4 Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности.

1. Изучить теоретические основы наблюдений за температурой и влажностью воздуха.
2. Изучить термометры ТМ-1, ТМ-2, ТМ-4 и методику измерения температуры воздуха.
3. Изучить устройство и работу термографа М-16А и подготовить его к работе.
4. Изучить устройство коленчатых термометров ТМ-5 и методику их применения.
5. Изучить устройство вытяжных термометров ТВП-50 и методику их применения.
6. . Изучить устройство и работу мерзлотомера АМ-21.
7. Изучить устройство аспирационного психрометра МВ-4М.
8. Определить влажность воздуха с помощью МВ-4М и рассчитать все характеристики влажности воздуха.
9. Изучить устройство гигрометра МВ-1 и подготовить его к работе.
10. Изучить устройство гигрографа М-21А и подготовить его к работе.

3. Лабораторная работа «Измерение атмосферных осадков и испарения»

3.1 Цель и задачи работы

Цель работы: изучить методику и приборы для измерения атмосферных осадков и испарения с почвы и водной поверхности.

Задачи работы:

- изучить приборы и методику измерения атмосферных осадков;
- изучить приборы и методику измерения испарения с почвы и водной поверхности.

Приборы и оборудование: осадкомер О-1, почвенный дождемер ГР-28, плювиограф П-2, почвенный испаритель ГГИ-500, водный испаритель ГГИ-3000.

3.2 Измерение атмосферных осадков

3.2.1 Общие положения

Атмосферные осадки измеряются с помощью осадкомеров и дождемеров с точностью до 0,1 мм четыре раза в сутки: в 3 и 15 часов по московскому декретному времени и в сроки, близкие к 8 и 20 часам по местному декретному времени. Для непрерывной регистрации хода выпадения жидких осадков служит плювиограф, лента которого меняется в срок, близкий к 20 часам местного времени.

Количественно осадки измеряются слоем воды. Другой важной характеристикой атмосферных осадков является их интенсивность, определяемая по формуле

$$\rho = \frac{h}{t} \quad \text{мм/мин,} \quad (8)$$

где h – количество осадков, мм;

t – продолжительность выпадения осадков, мин.

В зимнее время наблюдения ведутся за снежным покровом: его высотой, плотностью и влагозапасами. Высота снежного покрова H измеряется с точностью до 1 см, а плотность d - до 0,1. Запасы воды в снежном покрове вычисляется по формуле

$$X_c = H \cdot d \cdot 10 \quad \text{мм.} \quad (9)$$

3.2.2 Приборы для измерения атмосферных осадков

Осадкомер Третьякова О-1 является основным прибором для измерения жидких и твердых осадков. В его комплект входят два осадкомерных сосуда, крышка к ним, планочная ветровая защита и измерительный стакан. Осадкомерный сосуд (ведро) имеет высоту 40 см и площадь приемного отверстия 200 квадратных сантиметров. Для уменьшения испарения воды внутри сосуда имеется специальная диафрагма. Сосуд на метеоплощадке устанавливается на специальную подставку или столб так, чтобы его верхний край находился на высоте 2 метра от поверхности земли. Для уменьшения влияния ветра на показания прибора вокруг него крепится ветровая защита из 16 специальных планок.

Измерение осадков производится 4 раза в сутки, путем смены сосудов. Содержащиеся в снятом сосуде осадки сливают в измерительный стакан, имеющий 100 делений. Одно деление стакана соответствует 0,1 мм осадков, поэтому для определения количества осадков в миллиметрах слоя воды необходимо число делений разделить на 10. К полученному значению прибавляют поправку на смачивание сосуда: если количество осадков менее

0,05 мм, то поправка равна 0,1 мм; если осадков 0,05 мм и более, то поправка равна 0,2 мм.

Почвенный дождемер ГР-28 служит для измерения количества жидких осадков на уровне поверхности почвы. Этот специальный прибор используется обычно в комплекте с испарителями. Он состоит из ведра и гнезда для его установки в почву.

Дождемерное ведро имеет площадь приемного отверстия 500 квадратных сантиметров. Внутри ведра имеется диафрагма. Гнездо имеет форму цилиндрического ведра диаметром 35 см и высотой 28 см. Внутри него имеются специальные опоры для фиксации ведра.

Дождемер устанавливается в теплое время года. Для этого гнездо помещают в почву так, чтобы его верхний край выступал над почвой на 5 см. В гнездо устанавливают дождемерное ведро.

Измерения по дождемеру проводят так же, как и по осадкомеру. При этом 5 кубических сантиметров воды соответствуют 0,1 мм осадков. Поправки на смачивание вводят так же, как и для осадкомера.

Плювиограф П-2 служит для непрерывной регистрации жидких осадков в процессе их выпадения. Для этой цели он оборудован самописцем, на барабан которого крепят специальную бумажную ленту. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени. Цена деления горизонтальных линий 0,2 мм, а вертикальных – 10 мин. Полный оборот барабан осуществляет за 24 часа. Приемником осадков является цилиндрический сосуд с площадью приемного отверстия 500 квадратных сантиметров. Уловленные осадки из этого сосуда по специальной трубке поступают в поплавковую камеру. Находящийся в ней поплавок оборудован стрелкой, которая заканчивается пером для осуществления записи количества выпавших осадков на ленте.

Плювиограф устанавливается на метеоплощадке на специальном столбе так, чтобы верхний край прибора находился на высоте 2 м над поверхностью почвы.

Обработка ленты производится для каждого дождя. При этом устанавливают время начала и конца дождя, общее количество осадков за каждый час и в целом за 24 часа. По этим данным рассчитывается интенсивность дождя.

3.2.3 Наблюдения за снежным покровом

Для измерения высоты снежного покрова используются снегомерные рейки.

Постоянная снегомерная рейка М-103 имеет длину 2 м и ширину 5 см со шкалой в сантиметрах. На метеостанции обычно устанавливаются 3 такие рейки, располагая их по треугольнику со стороной 10 метров. Отсчет производится с точностью до 1 см.

Переносная снегомерная рейка М-104 применяется при маршрутных снегомерных съемках. Она имеет длину 180 см, ширину 4 см и толщину 2 см. цена деления шкалы равна 1 см.

Для измерения плотности снега служит походный весовой снегомер **ВС-43**. В его комплект входят снегозаборник и весы. **Снегозаборник** представляет собой цилиндр высотой 60 см и поперечным сечением в 50 квадратных сантиметров. Один конец его оборудован режущей кромкой, а второй может закрываться крышкой. На внешней поверхности снегозаборника нанесена шкала в сантиметрах для измерения высоты снежного покрова. **Весы** снегомера состоят из латунной рейки со шкалой, цена деления которой равна 5 г.

Перед измерением определяется вес пустого снегозаборника. Затем снегозаборник режущей кромкой вниз погружается в снег до поверхности почвы и измеряют высоту снежного покрова, пользуясь шкалой на его поверхности. После этого цилиндр сверху закрывается крышкой и, пользуясь лопаткой, вынимают снегозаборник так, чтобы снег не выпал из него. Взвешивают заполненный снегом снегозаборник.

По данным этих измерений определяется плотность снега по формуле

$$d = \frac{n_1 - n_0}{10H}, \quad (10)$$

где n_0 - число делений весов, соответствующих пустому снегозаборнику;

n_1 - число делений весов, соответствующее весу заполненного снегозаборника;

H - высота снежного покрова, см

Затем по формуле (9) рассчитываются влагозапасы снежного покрова.

3.3 Измерение испарения

3.3.1 Измерение испарения с поверхности почвы

Для измерения суммарного испарения с поверхности почвы наибольшее применение получили весовые почвенные испарители ГГИ-5 00-50 с высотой почвенного монолита 50 см и ГГИ-500-100 - с высотой почвенного монолита 100 см.

Почвенный испаритель ГГИ-500-50 состоит из внутреннего и внешнего цилиндров, водосборного сосуда и двух ручек для переноски внутреннего цилиндра.

Во внутренний цилиндр площадью сечения 500 квадратных сантиметров помещают монолит почвы в ненарушенном состоянии путем вдавливания (забивки) цилиндра в почву. Чтобы почва не высыпалась, низ цилиндра закрывают дном с отверстиями для просачивания воды.

Внешний цилиндр (гнездо) закапывается в почву на испарительной площадке.

Перед установкой внутренний сосуд с монолитом взвешивают, затем к его дну крепится водосборный сосуд, и опускают в гнездо.

Измерения и обработка результатов производится следующим образом. В установленные сроки производят взвешивание внутреннего сосуда и измерение объема воды в водосборном сосуде. По этим данным рассчитываются величины испарения за период между двумя взвешиваниями по формуле

$$E = 0,02 (P_1 - P_2) + X - Y \quad \text{мм}, \quad (11)$$

где P_1 - вес внутреннего сосуда в предыдущий срок измерения, г;

P_2 - вес внутреннего сосуда в текущий срок измерения, г;

X - количество атмосферных осадков за расчетный период, мм;

Y – количество воды, просочившейся в водосборный сосуд, мм.

В расчетах используют данные об осадках, полученных с помощью почвенного дождемера ГР-28, который устанавливается вблизи испарителя.

3.3.2 Измерение испарения с водной поверхности

Для измерения испарения с водной поверхности используют испарительный бассейн и испаритель ГГИ-3000.

Испарительный бассейн – это стальной бак глубиной 2 м и площадью водного зеркала 20 квадратных метров, закопанный в почву. Величины испарения в нем определяют по изменению уровня воды с учетом выпавших осадков.

Испаритель ГГИ-3000 – это стальной бак глубиной 60 см и площадью водного зеркала 3000 квадратных сантиметров, закопанный в почву. испарение воды с его помощью определяют так же, как и в случае с испарительным бассейном.

Испарение с небольших водоемов наиболее точно характеризуют данные испарительного бассейна. Испаритель ГГИ-3000 дает неточные данные за счет краевого эффекта, поэтому его данные приводятся к показаниям испарительного бассейна с помощью специальных графиков.

Для точного определения испарения с больших водоемов используют плавучие испарительные установки, где испаритель ГГИ-3000 устанавливается на плоту совместно с дождемером.

3.4 Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется в следующей последовательности.

1. Изучить устройство осадкомера О-1 и почвенного дождемера ГР-28. Изучить методику измерения осадков с их помощью.
2. Изучить устройство, подготовку к работе и работу плювиографа П-2.
3. Ознакомиться с приборами и методикой наблюдений за снежным покровом.
4. Изучить устройство и принцип работы испарителей ГГИ-500-50 и ГГИ-3000.

Литература

Основная

- 1) Исмаилов Г.Х. Общая и инженерная гидрология: учебник для вузов / Г.Х.Исмаилов, Е.Е.Овчаров, И.В.Прошляков – М.: МГУП, 2011.- 656 с.

Дополнительная

- 1) Захаровская Н.Н. Метеорология и климатология / Н.Н.Захаровская, В.В. Ильинич.- М.: Колос, 2004.- 127 с.
- 2) Павлова М.Д. Практикум по агрометеорологии/ М.Д. Правлова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 184 с.

Оглавление

Введение	3
1. Лабораторная работа «Измерение атмосферного давления, скорости и направление ветра.....	3
1.1 Цель и задачи работы.....	3
1.2 Измерение атмосферного давления.....	4
1.2.1 Атмосферное давление.....	4
1.2.2 Измерение атмосферного давления барометрами-анероидами.....	5
1.3 Измерение скорости и направления ветра.....	7
1.3.1 Ветер.....	7
1.3.2 Приборы для измерения скорости и направления ветра.....	8
1.3.3 Измерение скорости ветра с помощью анемометра МС-13.....	9
1.4 Роза ветров.....	10
1.5 Порядок выполнения работы.....	11
2. Лабораторная работа «Измерение температуры воздуха и почвы, влажности воздуха»	12
2.1 Цель и задачи работы.....	12
2.2 Измерение температуры воздуха и почвы.....	12
2.2.1 Общие положения.....	12
2.2.2 Измерение температуры воздуха	13
2.2.3 Измерение температуры почвы.....	15
2.2.4 Наблюдения за глубиной промерзания и оттаивания почвы.....	16
2.3 Измерение влажности воздуха.....	17
2.3.1 Влажность воздуха и ее характеристики.....	17
2.3.2 Измерение влажности воздуха психрометрическим методом.....	19
2.3.3 Измерение влажности воздуха гигрометрическим методом.....	20
2.4 Порядок выполнения работы.....	22
3. Лабораторная работа «Измерение атмосферных осадков и испарения».....	23
3.1 Цель и задачи работы.....	23
3.2 Измерение атмосферных осадков.....	23
3.2.1 Общие положения.....	23
3.2.2 Приборы для измерения атмосферных осадков.....	24
3.2.3 Наблюдения за снежным покровом.....	26
3.3 Измерение испарения.....	27
3.3.1 Измерение испарения с поверхности почвы.....	27
3.3.2 Измерение испарения с водной поверхности.....	28
3.4 Порядок выполнения работы.....	29
Литература.....	29

Децик Виктор Николаевич

Гидрология, метеорология и регулирование стока

Методические указания к лабораторным работам для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

Подписано в печать _____ 2016 г. Формат 60х90 1/6. Бумага писчая.

Печать офсетная. Уч.-изд. л. 2,0 . Тираж 50 экз. Заказ _____

ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия».

692510. г. Уссурийск, пр. Блюхера 44.

Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия».

692500. г. Уссурийск, ул. Раздольная , 8.