

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА, ИСПАРЕНИЯ И ОСАДКОВ

Цель упражнения – ознакомиться с показателями влажности воздуха, изучить средства измерения влажности воздуха, испарения и атмосферных осадков.

Основные задачи.

1. Изучить основные характеристики влажности воздуха.
2. Изучить устройство и принцип работы психрометра, гигрометра и гигрографа.
3. Изучить сущность испарения, его определяющие факторы и способы измерения.
4. Изучить устройство осадкомера, плювиографа и снегомера.

Исходные данные: учебно-справочная литература [1,4,10,19], аспирационный психрометр, волосной гигрометр, гигрограф, почвенный испаритель, осадкомер Третьякова, плювиограф, весовой снегомер.

Теоретическая часть.

Водяной пар поступает в атмосферу в результате испарения с поверхности Мирового океана, рек, озер, поверхности суши, ледяного и снежного покрова, растительности и т.д.

Влажность воздуха характеризуется следующими величинами: абсолютной влажностью, парциальным давлением (упругостью) водяного пара, относительной влажностью, дефицитом упругости водяного пара, точкой росы.

Абсолютная влажность a – количество водяного пара в граммах, содержащееся в 1 м^3 воздуха при данной температуре (г/м^3).

Парциальное давление (упругость) водяного пара e – давление, которое имел бы водяной пар, находящийся в газовой смеси, если бы он занимал объем, равный объему газовой смеси при той же температуре.

Парциальное давление в Международной системе единиц СИ измеряется в гПа. $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$, парциальное давление может также измеряться в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.), $1 \text{ мм рт. ст.} = 1,33 \text{ гПа}$.

Парциальное давление (упругость) водяного пара, находящегося в воздухе, может возрастать до определенного предела, который называется давлением (упругостью) насыщенного водяного пара E .

Парциальное давление (упругость) водяного пара вычисляется по психрометрической формуле

$$e = E_1 - A P (t - t'), \quad (10.1)$$

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

E_1 – давление (упругость) насыщенного водяного пара, взятое по показаниям смоченного термометра, гПа;

P – атмосферное давление, гПа;

t – температура сухого термометра, °С;

t' – температура смоченного термометра, °С;

A – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха около резервуара смоченного термометра, $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Для стационарного психрометра $A = 0,0007947 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, для аспирационного $A = 0,000662 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Относительной влажностью f называется отношение парциального давления (упругости) водяного пара к давлению (упругости) насыщенного водяного пара при данной температуре, выраженное в процентах. Относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром при данной температуре и выражается формулой

$$f = \frac{\dot{a}}{\dot{A}_1} \cdot 100\% \quad (10.2)$$

Дефицитом упругости водяного пара d называется разность между давлением насыщенного водяного пара E , находящегося в воздухе при данной температуре, и парциальным давлением e . Дефицит упругости водяного пара измеряется в гПа:

$$d = E_1 - e. \quad (10.3)$$

Точкой росы t_d называется температура, до которой должен охладиться воздух при данном давлении, чтобы содержащийся в нем водяной пар стал насыщенным.

При $f = 100\%$ фактическая температура воздуха совпадает с точкой росы.

Испарением называют переход вещества из жидкого состояния в газообразное. Энергия, требующаяся на испарение этого количества воды, обеспечивается приходом солнечной радиации. Испарение зависит от многих факторов. Главными из них являются *температура* испаряющей поверхности, *влажность воздуха* и *ветер*.

Согласно закону Дальтона, скорость испарения W прямо пропорциональна дефициту насыщения водяного пара ($E_1 - e$), вычисленному по температуре испаряющей поверхности. В соответствии с формулой Августа скорость испарения обратно пропорциональна атмосферному давлению p . В итоге W выражается равенством

$$W = A \frac{(E_1 - e)}{p}, \quad (10.4)$$

где A – коэффициент пропорциональности, зависящий, в частности, от скорости ветра.

С увеличением разности ($E_1 - e$) испарение увеличивается.

Атмосферными осадками называют капли воды и кристаллы льда, выпадающие из атмосферы на земную поверхность.

Количество осадков измеряют высотой слоя воды в миллиметрах, образовавшегося в результате выпадения осадков на горизонтальной поверхности при отсутствии испарения, просачивания и стока, а также при условии, что осадки, выпавшие в твердом виде, полностью растаяли. Слой

осадков 1 мм соответствует массе воды 1 кг или объему 1 л, выпавшим на площадь 1 м², а также объему 10 м³/га.

Важной характеристикой осадков является их *интенсивность*, т.е. количество (слой) осадков, выпадающих в единицу времени.

Порядок выполнения.

После изучения теоретической части упражнения с использованием приведенных ниже схем и образцов соответствующих метеорологических приборов выполняется изучение устройства и принципа их работы.

Влажность воздуха измеряется несколькими методами. Наибольшее распространение получили психрометрический и гигрометрический методы. Приборы, которые используются при измерении влажности воздуха психрометрическим методом, называются психрометрами.

Психрометрический метод. Влажность воздуха определяется по разности показаний двух одинаковых психрометрических термометров – сухого и смоченного. С поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение, которое зависит от влажности окружающего воздуха. Чем суше воздух, тем интенсивнее испарение с резервуара смоченного термометра и тем ниже его показания по сравнению с сухим термометром. Следовательно, по разности показаний сухого и смоченного термометров можно определить влажность воздуха.

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

Удлинение волоса с изменением относительной влажности воздуха происходит неравномерно.

Стационарный психрометр (рис. 10.1) состоит из двух одинаковых термометров с ценой деления 0,2°, помещенных рядом на особом штативе в психрометрической будке и стаканчика для дистиллированной воды. Стенки психрометрической будки (см. рис. 10.2) состоят из двойных жалюзи 1, расположенных одна над другой под углом 45° к горизонту.

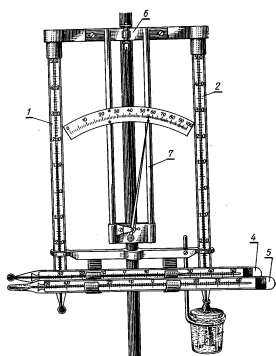


Рис. 10.1. Установка термометров и гигрометра в психрометрической будке.

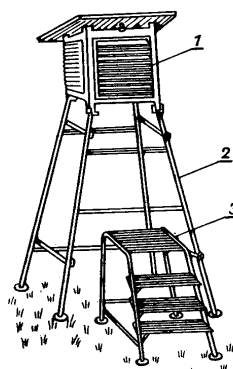


Рис. 10.2. Психрометрическая будка.

Жалюзийные стенки защищают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха. Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время отсчетов на термометры не падали солнечные лучи, и укрепляется на подставке 2 высотой 175 см. Для удобства отсчетов около будки устанавливают лесенку 3.

Левый термометр – «сухой», предназначен для измерения температуры воздуха, а правый – «смоченный», служит для измерения температуры собственного резервуара. Резервуар смоченного термометра плотно обернут батистом, нижний конец которого погружен в стаканчик с дистиллированной водой 2. При помощи батиста обеспечивается капиллярное поступление воды к поверхности резервуара и непрерывное поддержание его во влажном состоянии.

Отсчеты по психрометрическим термометрам производят быстро, причем сначала отсчитывают десятые доли, а потом целые градусы. Для определения влажности воздуха психрометры используются при температурах не ниже – 10°C.

Аспирационный психрометр очень удобен для измерения влажности воздуха в полевых условиях. По принципу действия он аналогичен стационарному. Аспирационный психрометр (рис. 10.3) состоит из двух одинаковых психрометрических термометров 1 и 2 с резервуарами цилиндрической формы.

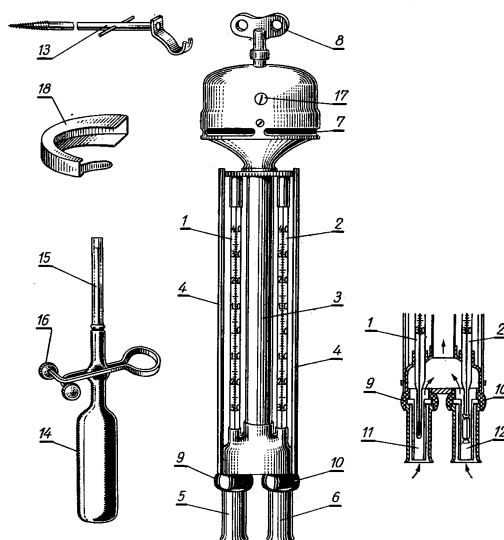


Рис. 10.3. Аспирационный психрометр

Термометры закреплены в оправе, состоящей из трубки 3, раздваивающейся книзу на две трубочки 5, 6, планок 4 и аспиратора 7. В трубочках 5, 6 имеются еще внутренние трубки 11, 12, в которых помещаются резервуары термометров. Двойные трубки защищают резервуары от нагревания солнечными лучами. Чтобы тепло от корпуса не передавалось к резервуарам, трубки изолируются от него пластмассовыми

кольцами 9, 10. Важной частью аспиратора является пружина, которую заводят ключом 8. В результате работы аспиратора вокруг резервуаров термометров создается постоянный ток воздуха со скоростью 2 м/с. Поэтому показания прибора не зависят от скорости ветра.

Психрометр подвешивают за железный крюк-подвес 13, который может быть ввинчен в деревянный столб на требуемую высоту. Для смачивания батиستا пользуются резиновой грушей 14 со стеклянной пипеткой 15 и зажимом 16.

Волосной гигрометр применяется для определения относительной влажности воздуха при температуре воздуха ниже -10°C . Он является основным прибором для наблюдений за влажностью воздуха при отрицательных температурах.

Приемной частью гигрометра (рис. 10.4) служит обезжиренный человеческий волос 1, натянутый на металлическую раму 2.

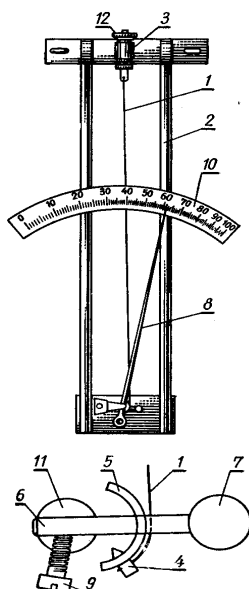


Рис. 10.4. Волосной гигрометр

Один конец его закреплен в нижней части регулировочного винта 3, другой – в отверстии металлической дужки 5, насаженной на стержень 6, зажатый винтом 9. Крепление волоса внизу и вверху производится деревянными штифтами 4 и шеллаком. Стержень 6 и стрелка 8 укреплены на одной оси 11. Поэтому изменение длины волоса в результате изменения влажности воздуха вызывает поворот стрелки вокруг оси и смещение ее свободного конца по шкале 10 с делениями от 0 до 100%. Волосной гигрометр устанавливают в психрометрической будке между сухим и смоченным термометрами (см. рис. 10.1).

Гигрограф волосной применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха (рис. 10.5).

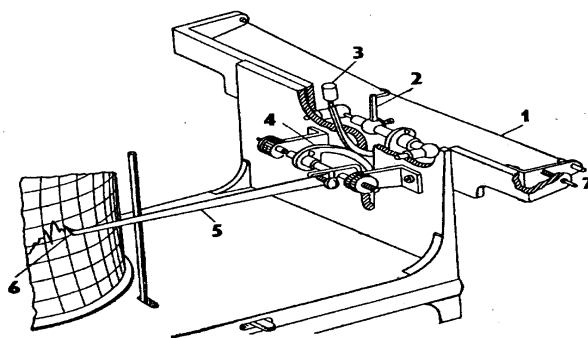


Рис. 10.5. Гигрограф волосной (фрагмент рабочей части)

Приемной частью волосного гигрографа, которая реагирует на изменение относительной влажности, является пучок обезжиренных человеческих волос *1*, расположенных в рамке за пределами корпуса прибора. Изменения длины пучка волос передаются через систему рычагов *3, 4* на стрелку *5*, на конце которой крепится перо *б*. В средней части пучок волос оттянут крючком *2*, соединенным с криволинейным рычагом *3*, способным вращаться вокруг своей оси. Криволинейный рычаг *3* скользит по другому криволинейному рычагу *4*, который имеет общую со стрелкой *5* ось. Для регулировки точности записи пера *б* служит установочный винт *7*, при помощи которого регулируется необходимое натяжение пучка волос. При увеличении относительной влажности пучок волос удлиняется, а стрелка с пером перемещается вниз вдоль ленты барабана.

Регистрирующей частью гигрографа служит барабан с часовым механизмом. В зависимости от скорости вращения барабана гигрографы различают суточные и недельные. На барабан надевают бумажную ленту, на которой параллельные горизонтальные линии соответствуют относительной влажности воздуха в процентах, вертикальные дуги – времени.

Суммарное испарение в полевых условиях измеряют методом *почвенных испарителей*. Метод заключается в том, что величину *E* между сроками наблюдений определяют по изменению массы почвенного монолита, помещенного в испаритель, с учетом выпавших осадков *P* и просочившейся через монолит воды *J*.

По способу учета изменения массы почвенного монолита применяются *весовые* и *гидравлические* испарители. В первом случае испаритель взвешивается на весах и суммарное испарение (*E*, мм) за интервал между взвешиваниями определяется по зависимости

$$E = \frac{10(G_1 - G_2)}{F} + P - J, \quad (10.5)$$

где G_1, G_2 – массы испарителя в предыдущий и текущий сроки взвешивания, г;

F – площадь испарителя, см²;

P, J – количество осадков и просочившейся воды за промежутки между взвешиваниями, мм.

При этом осадки измеряют напочвенным дождемером, установленным рядом с испарителем, а величину J – по количеству воды в водосборном сосуде прибора. Из приведенной зависимости видно, что для получения величины испарения с точностью до 0,1 мм точность взвешивания (в граммах) не должна превышать величины $\Delta G = 0,01 F$.

Стандартные весовые испарители ГГИ-500-50 и ГГИ-500-100 с площадью испарения $F = 500$ см имеют глубину почвенного монолита соответственно 50 и 100 см (рис.10.6).

Испарители состоят из внутреннего цилиндра, наружного цилиндра (гнезда) и водосборного сосуда. Для зарядки испарителя почвенным монолитом внутренний цилиндр без дна ставится на почву, вдавливается в нее, затем окапывается вокруг и под давлением осаживается. Водосборный сосуд прикрепляется ниже дна внутреннего цилиндра, который затем помещается в подготовительное гнездо.

Гидравлические почвенные испарители основаны на принципе гидростатического взвешивания и обеспечивают более надежное измерение суммарного испарения за счет большего объема почвенного монолита. Например, гидравлические испарители большой модели (балансомеры) могут иметь монолиты площадью до 1 – 5 м² и глубиной 2 – 2,5 м и являются наиболее точными стационарными сооружениями, позволяющими измерять основные элементы водного баланса и вести их непрерывную запись.

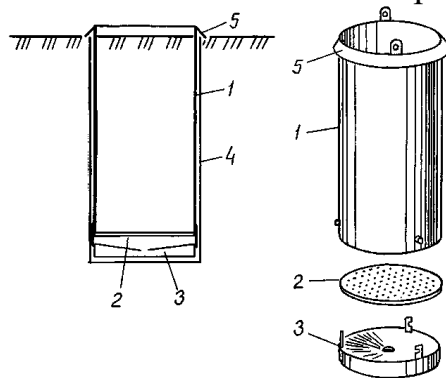


Рис. 10.6. Почвенный весовой испаритель ГГИ-500-50:

- 1 - внутренний цилиндр; 2 - дно с отверстиями; 3 - водосборный сосуд;
4 - наружный цилиндр; 5 - козырек

Стандартным прибором для измерения количества осадков, выпадающих в жидком и твердом виде, является *осадкомер Третьякова*.

В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра, крышка, ветровая защита и измерительный стакан (рис. 10.7).

Ведро осадкомера имеет приемную площадь 200 см² и высоту 40,0 см. Внутри ведра впаяна диафрагма в виде усеченного конуса. Для уменьшения испарения из ведра в летнее время отверстие диафрагмы закрывается воронкой. Ветровая защита состоит из 16 трапециевидных изогнутых планок. Верхние концы планок находятся на одной высоте с верхним краем ведра.

Собранные осадки выливают в измерительный стакан, который представляет собой мензурку со 100 делениями. Одно деление по объему равно 2 см^3 , которое при площади сечения приемной части ведра 200 см^2 соответствует $0,1 \text{ мм}$ слоя осадков.

Осадкомер устанавливают на металлической подставке с таким расчетом, чтобы приемная поверхность осадкомера находилась на высоте 2 м. Измерение количества осадков проводят 4 раза в сутки. В срок наблюдений производят смену ведер.

Измерение твердых осадков проводят после того, когда они полностью растают. К каждому измеренному количеству осадков вводится поправка на смачивание осадкомерного ведра.

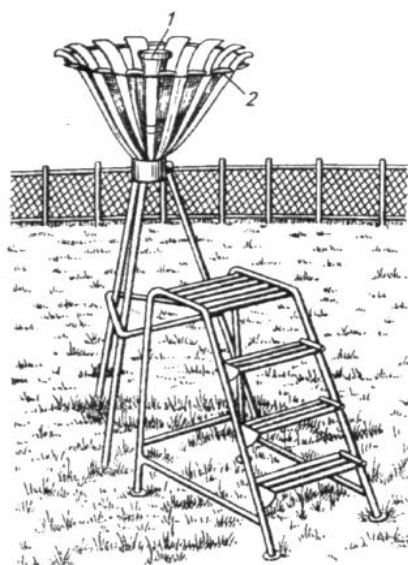


Рис. 10.7. Осадкомер Третьякова:

1 – приемное ведро осадкомера; 2 – ветровая защита

Плювиограф – самописец, предназначенный для непрерывной регистрации количества, интенсивности и продолжительности выпадения жидких осадков. Плювиограф (рис. 10.8) состоит из цилиндрического сосуда 1 с приемной площадью 500 см^2 . В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной трубкой, которая вставляется в воронку трубки 2, идущей от поплавковой камеры 3.

Осадки через приемное ведро поступают в поплавковую камеру, внутри которой находится полый металлический поплавок 4 со стержнем 5 и стрелкой 6, заканчивающейся пером. Рядом с поплавковой камерой укреплен барабан 9 с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени. Одно горизонтальное деление равно $0,1 \text{ мм}$ осадков, а одно вертикальное – 10 мин.

В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд 10, в который сливаются осадки из поплавковой камеры.

При выпадении осадков вода из приемного сосуда 1 переливается в поплавковую камеру 3.

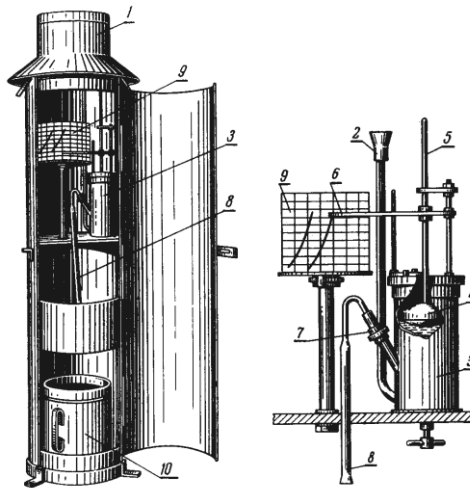


Рис. 10.8. Плувиограф

При этом поплавок, находящийся в камере, поднимается, и перо чертит на ленте кривую линию, причем, чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой.

Как только осадки заполнят поплавковую камеру, начинает действовать сифон 8 и вода из камеры автоматически выливается в контрольный сосуд 10. При этом перо вычерчивает на ленте вертикальную прямую линию от верха до нулевого деления ленты. Если осадки продолжают выпадать, поплавковая камера снова наполняется водой и перо поднимается вверх. Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию.

Контрольные вопросы

1. Характеристики влажности воздуха и их единицы измерения.
2. Устройство и принцип работы психрометра и гигрографа.
3. Какова методика измерения испарения почвенным испарителем?
4. В какие сроки и в каких единицах измеряется количество выпавших осадков?
5. Что понимают под интенсивностью осадков и как ее измеряют?

