

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ, ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ

Цель упражнения – ознакомиться с показателями солнечной радиации, изучить методы и средства актинометрических измерений, температуры воздуха и почвы.

Основные задачи.

1. Изучить состав актинометрических показателей.
2. Изучить устройство и принцип работы приборов для измерения солнечной радиации и радиационного баланса.
3. Изучить устройство и принцип работы термометров для измерения температуры воздуха и почвы.
4. Изучить устройство и принцип работы термографа биметаллического.

Исходные данные: учебно-справочная литература [1,4,10,19], конспект лекций, актинометрические приборы, термометры, термограф биметаллический.

Теоретическая часть.

Количественно лучистая энергия Солнца характеризуется потоком радиации. Поток радиации – это количество лучистой энергии, которое поступает в единицу времени на единицу поверхности. Выделяют следующие виды лучистой энергии Солнца.

Прямая солнечная радиация S – часть солнечного излучения, приходящего на перпендикулярную лучам поверхность непосредственно от диска солнца.

В системе СИ поток радиации выражается в Вт/м². Ранее он выражался в кал/(мин.см²). 1 кал/(мин.см²) = 0,698 кВт/м².

Энергетическая освещенность прямой радиации, поступающая на горизонтальную поверхность S' , вычисляется по формуле:

$$S' = S \cdot \sin h, \quad (9.1)$$

где h – высота Солнца над горизонтом, град.

Рассеянная радиация D – часть солнечного излучения, рассеянного атмосферой и поступающего от всего небосвода, исключая диск солнца.

Сумма прямой S' и рассеянной D радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, называется *суммарной радиацией* Q :

$$Q = S' + D. \quad (9.2)$$

Отраженная радиация R_k – это часть суммарной радиации, которая отражается от земной поверхности.

Отношение отраженной от земной поверхности радиации R_k к суммарной Q называется альбедо A и выражается в процентах:

$$A = \frac{R_k}{Q} 100. \quad (9.3)$$

Прямая, рассеянная и отраженная радиация составляет *коротковолновую радиацию*.

Разность между суммарной и отраженной радиацией называется *поглощенной радиацией* или *балансом коротковолновой радиации*:

$$B_k = Q - R_k. \quad (9.4)$$

Нагреваясь за счет солнечной радиации, поверхность земли и атмосфера излучают тепло. Это *длинноволновая радиация*. Разность между излучением земной поверхности E_3 и встречным излучением атмосферы E_a называется *эффективным излучением* $E_{эф}$:

$$E_{эф} = E_3 - E_a. \quad (9.5)$$

Единицей измерения радиационных излучений является киловатт на квадратный метр (кВт/м^2). Часовые и суточные суммы радиационных излучений выражаются в мегаджоулях на квадратный метр (МДж/м^2).

Актинометрические измерения обеспечивают определение часовых и суточных сумм радиационных излучений с точностью до $0,01 \text{ МДж/м}^2$. Месячные суммы радиационных излучений вычисляются с точностью до целых, а годовые – до десятков МДж/м^2 . Для перехода от внесистемных единиц до единиц системы СИ необходимо помнить, что $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$; $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин} = 697,8 \text{ Вт/м}^2$; $1 \text{ Вт/м}^2 = 1 \text{ Дж/с} \cdot \text{м}^2$; $1 \text{ ккал/см}^2 = 41,9 \text{ МДж/м}^2$.

Температура воздуха является одной из основных характеристик погоды и климата. Температура по Международной практической шкале (МПШ) выражается в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Интервал между точками плавления льда (0°C) и кипения воды (100°C) разделен на 100 равных частей; $1/100$ часть соответствует 1°C . Для оценки термодинамического состояния атмосферы используется термодинамическая температурная шкала (ТТШ) – Кельвина (ТК). Шкалы отличаются одна от другой началом отсчета. Переход от практической шкалы к термодинамической шкале Кельвина выражается следующим уравнением:

$$\text{ТК} = 273,2^{\circ} + t^{\circ}\text{C}. \quad (9.6)$$

Для измерения температуры используют различные виды термометров: жидкостные, термоэлектрические, электротермометры сопротивления и деформационные термометры. Более распространены жидкостные термометры. Их принцип действия основан на изменении объема жидкости в зависимости от повышения или понижения температуры. В качестве жидкости используется ртуть, спирт и толуол. Отсчеты во всех термометрах делают с точностью $0,1^{\circ}\text{C}$.

Порядок выполнения.

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

Для проведения актинометрических наблюдений используют следующие актинометрические приборы: актинометр, универсальный пиранометр (походный альбедометр) и балансомер. Актинометр предназначен для измерения прямой солнечной радиации S .

Термоэлектрический актинометр Савинова–Янишевского состоит из приемной части, в качестве которой служит черный диск, сделанный из серебряной фольги и направленный на Солнце. На противоположной стороне диска приклеены активные спаи термоэлектрической батареи из константана и манганина, которые имеют вид звезды. Пассивные спаи приклеены к медному кольцу, которое закреплено на нижнем конце трубки 7 актинометра (рис. 9.1). Внутри трубки имеются семь диафрагм, которые предохраняют приемную часть от воздействия ветра, рассеянной и отраженной радиации.

Для наблюдений актинометр устанавливается так, чтобы его основание 11 и штатив 10 были ориентированы стрелками на север. Затем актинометр устанавливают по широте. Для этого ослабляют винт 2 и ставят сектор широт 9 соответственно широте места. С помощью винтов 3 и 6 направляют трубу 7 на Солнце. Ось 8 штатива и винт 6 располагаются по сторонам света. Можно вращать винт 6 и вести трубку за Солнцем, корректируя ее наклон на оси 4 соответственно магнитному азимуту. Направление трубки на Солнце осуществляется при помощи экрана 5 на нижнем конце трубки, где должна концентрично располагаться тень от оправы на верхнем конце трубки. Колпачок 1 одевается на трубу при определении контроля места нуля. Термобатарея актинометра при помощи электрических проводов соединяется с гальванометром или интегратором.

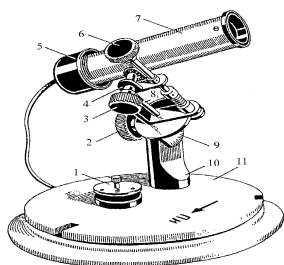


Рис.9.1. Актинометр термоэлектрический.

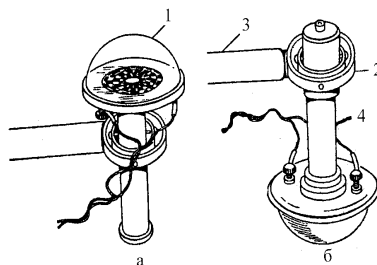


Рис. 9.2. Альбедометр термоэлектрический:
а – положение вверх; б – положение вниз.

Универсальный пиранометр (альбедометр) служит для измерения рассеянной радиации (D) при затемнении его темным экраном, суммарной радиации (Q) и отраженной радиации (R_k), что поступает на горизонтальную поверхность.

На практике он применяется главным образом для измерения альбедо деятельности поверхности. Альбедометры бывают двух типов: стационарные и походные.

Они состоят из приемника (термоэлектрической батареи) от пиранометра 1, карданного подвеса 2, который способен самоуравновешиваться, и рукоятки 3 (рис. 9.2).

Такое устройство обеспечивает горизонтальное положение приемной части альбедометра в двух позициях: приемником вверх для измерения суммарной и рассеянной радиации (рис. 9.2,а) и приемником вниз (рис. 9.2,б) для измерения отраженной радиации. Для осуществления наблюдений рукоятка 3 прикрепляется к трубке 4. С помощью трубки альбедометру придается соответствующее положение. После определения суммарной и отраженной радиации вычисляется альбедо по формуле (9.3).

Балансомер термоэлектрический используется для измерения радиационного баланса (B) деятельной поверхности. Прибор представляет собой круглую плоскую оправу 1 диаметром 100 мм, в середине которой располагается приемник в виде квадратных медных пластинок 2 (рис. 9.3).

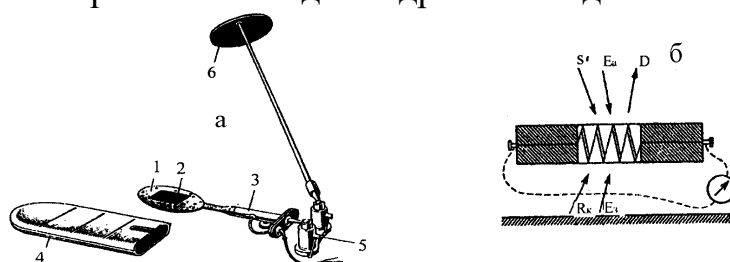


Рис. 9.3. Балансомер термоэлектрический:
а – общий вид; б – схема.

Наружная поверхность этих пластинок затемнена. К оправе присоединена рукоятка 3. Между медными пластинами располагаются 10 специальных термобатарей. Каждая батарея представляет медный брусок, который имеет изоляционное покрытие. На это покрытие намотана константовая стружка. Половина каждого витка намотки изолирована, а вторая посеребрена. Все батареи соединены между собой последовательно. Провода от первой и последней батареи через рукоятку 3 выходят наружу. Балансомер в нерабочем состоянии закрывается крышкой 4. В комплект балансомера входит колодка с двумя шарнирами 5. К одному шарниру прикрепляется балансомер, а к другому – теневой экран 6. Последний необходим для затемнения прибора от прямой солнечной радиации. Балансомер устанавливается строго горизонтально и подключается к гальванометру или интегратору.

При измерении днем приемник, который направлен к небосводу, принимает суммарную радиацию Q и встречное излучение атмосферы E_a . Приемник, который направлен к земной поверхности, принимает отраженную радиацию R_x и собственное излучение земной поверхности E_z .

Для измерения *температуры воздуха* на метеорологических станциях и постах применяются термометры: психрометрический (срочный), максимальный и минимальный.

Психрометрический (срочный) термометр применяется для измерения температуры воздуха, поверхности почвы и снежного покрова в данный момент (сроки наблюдений). Это ртутный сухой термометр, являющийся частью психрометра, с цилиндрическим резервуаром. Он имеет вставную шкалу с ценой деления $0,5^\circ$.

Минимальный термометр применяют для измерения самой низкой температуры за период между сроками наблюдений. Это термометр спиртовой, с ценой деления $0,5^\circ$, со вставной шкалой и цилиндрическим резервуаром. Минимальные показания термометра определяются по легкому штифтику 1 (рис. 8.4), изготовленному из темного стекла с утолщениями на концах. При подъеме резервуара термометра штифтик свободно перемещается в спирте, но не выходит из него, так как благодаря своей легкости не может прорвать поверхностную пленку 2, ограничивающую мениск спирта.

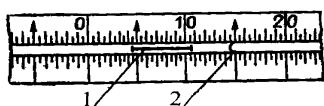


Рис. 9.4.

Приспособление для отсчета минимальной температуры.

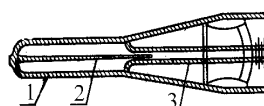


Рис. 9.5.

Приспособление для сохранения максимальных показаний термометра.

Штифтик подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше силы расширения спирта и меньше силы поверхностного натяжения спирта. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении температуры, как только поверхностная пленка дойдет до штифтика, последний перемещается этой пленкой в сторону резервуара. Двигается он до тех пор, пока температура понижается. При повышении температуры движение его прекращается. Положение конца штифта, который наиболее удален от резервуара, показывает по шкале минимальную температуру, а мениск спирта – температуру в данный срок измерения. Для приведения минимального термометра в рабочее положение резервуар термометра приподнимают вверх и держат до тех пор, пока штифт не соприкоснется с мениском спирта.

Максимальный термометр служит для измерения самой высокой (максимальной) температуры за период между сроками наблюдений. Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и вставной шкалой. Цена деления шкалы $0,5^\circ$. Показания максимальных значений температуры этим термометром сохраняются благодаря стеклянному штифту 2, который вплаивается в дно резервуара 1 (рис. 9.5).

Верхний конец штифта 2 входит в капилляр 3. В результате этого выход из резервуара в капилляр очень сужен. При повышении температуры ртуть в резервуаре расширяется и поднимается по капилляру, так как силы расширения ртути больше сил трения в месте сужения. При понижении температуры ртуть начинает уменьшаться в объеме, однако находящаяся в капилляре ртуть не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно превышают силы сцепления ртути. Столбик ртути, который останется в капилляре, показывает максимальную температуру за определенный промежуток времени. После встряхивания максимального термометра его показания должны быть близкими к показаниям срочного.

Для непрерывной *записи* изменений температуры воздуха на протяжении суток или недели используется *термограф*. Он состоит из трех основных частей: приемной, передающей и регистрирующей (рис.9.6).

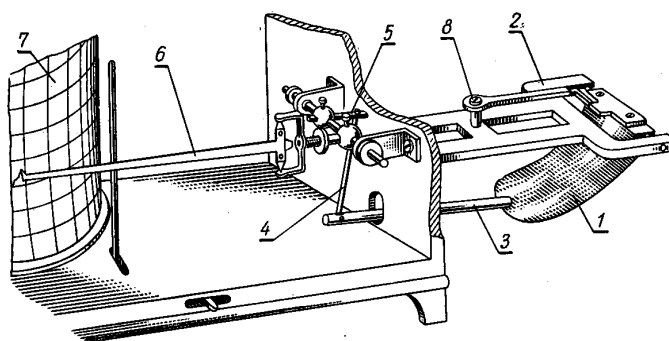


Рис. 9.6. Термограф биметаллический (фрагмент рабочей части)

Приемником термографа является биметаллическая пластинка 1, изготовленная из металлов с различным термическим коэффициентом линейного расширения. В результате этого биметаллическая пластинка изгибается пропорционально изменению температуры. Один конец биметаллической пластинки закреплен неподвижно к колодке 2, а второй – перемещается.

К свободному концу биметаллической пластинки прикреплен рычаг 3, который соединен тягой 4 с рычагом 5 коленчатого вала.

Вторым рычагом коленчатого вала является стрелка 6, заканчивающаяся пером, которое касается ленты барабана 7. Перо заполняется специальными чернилами с примесью глицерина.

Барабан вращается при помощи часового механизма вокруг оси, а перо, касаясь бумажной ленты, вычерчивает на ней график, который соответствует изменениям температуры воздуха.

Регистрирующая часть термографа – барабан 7 с часовым механизмом внутри. Благодаря часовому механизму барабан вращается вокруг неподвижной оси, укрепленной на основании корпуса. В зависимости от скорости вращения барабана термографы делятся на суточные и недельные.

На метеорологических станциях наблюдения за температурой почвы осуществляются как на поверхности почвы, так и на различных глубинах. Для этого выбирают площадку размером 4×6 м, которую очищают от травяного покрова, а почву взрыхляют.

Для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова используют срочный, максимальный и минимальный термометры. Термометры устанавливают в середине оголенной площадки на расстоянии 5–6 см один от другого резервуарами на восток в приведенной ниже последовательности: первый с севера – срочный для измерения температуры поверхности почвы и снежного покрова, второй – минимальный, третий – максимальный. Срочный и минимальный термометры необходимо положить на поверхность строго горизонтально, а максимальный с небольшим наклоном в сторону резервуара. Термометры должны лежать на почве таким образом, чтобы их резервуары и наружная оболочка были наполовину заглублены в почву.

Для измерения температуры почвы на различных глубинах применяют ртутные коленчатые термометры Савинова и вытяжные термометры.

Ртутные *коленчатые термометры Савинова* (рис. 9.7) служат для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см (пахотный слой). Это комплект из четырех термометров, которые имеют вставную шкалу с ценой деления $0,5^{\circ}$. Резервуары термометров цилиндрические. Резервуар термометров изогнут под углом 135° . Капилляр от резервуара до начала шкалы изолирован термоизоляционным материалом. Термоизоляция уменьшает влияние конвективных токов воздуха в стеклянной оболочке, которые могут возникнуть вследствие разницы температуры почвы на различных глубинах.

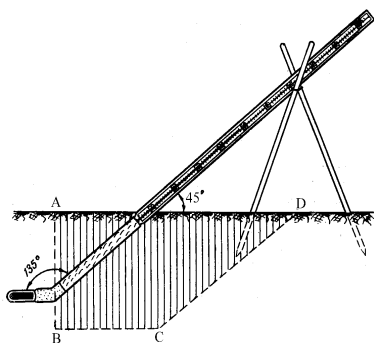


Рис. 9.7. Установка почвенных коленчатых термометров Савинова.

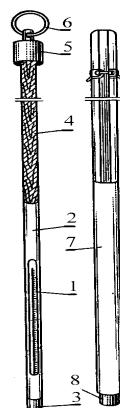


Рис. 9.8. Термометр вытяжной.

Термометры Савинова устанавливают на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы в

направлении с востока на запад. Их устанавливают весной после оттаивания почвы и убирают осенью.

Для установки каждого коленчатого термометра выкапывают траншею в виде трапеции ABCD (рис.9.7). Северная сторона АВ траншеи отвесная. В ней в углубления, параллельно поверхности почвы, вставляют резервуары термометров по мере возрастания глубины. После установки необходимо проверить угол наклона выступающей части термометра к поверхности почвы. Этот угол должен быть равен 45° . Затем траншею засыпают землей, сохраняя последовательность вынутых пластов.

В сроки измерений наблюдатель становится с северной стороны и последовательно снимает показания, начиная с термометра, который установлен на глубине 5 см.

Вытяжные ртутные термометры служат для измерения температуры почвы на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см. Они имеют цену деления $0,2^\circ$.

С целью уменьшения влияния внешней среды в момент отсчета термометр 1 вмонтирован в специальную оправу 2 с металлическим колпачком 3 (рис. 9.8).

Для лучшего теплового контакта и увеличения инерции термометра пространство между резервуаром термометра и стенками колпачка заполнено медными опилками.

Оправа с термометром крепится на деревянной штанге 4, длина которой зависит от глубины установки термометра. Штанга заканчивается колпачком 5 с кольцом 6, за которое термометр вынимают из почвы.

Вытяжные термометры опускают в пластмассовые или эбонитовые трубки 7, погруженные в почву на необходимую глубину и имеющие на нижнем конце металлические наконечники 8. Термометр воспринимает температуру только того слоя почвы, на котором находится металлический наконечник.

Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом. С помощью бура делают скважины нужной глубины и в них устанавливают трубы 7 в один ряд через каждые 50 см в направлении с востока на запад. Трубы должны выступать над поверхностью почвы на 40–50 см во избежание заноса их снегом в зимний период. После установки труб в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального помоста, расположенного с северной стороны термометров.

В сроки наблюдений термометры по очереди, начиная с наименьшей глубины, достают из трубки 7 за кольцо 6 и снимают отсчеты температуры. После этого термометр опускается в трубку. Наблюдения по термометрам на глубинах 60, 80, 120, 160, 320 см проводят на протяжении года один раз в сутки, днем, а на глубинах 20 и 40 см – во все сроки наблюдений.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под прямой, рассеянной, суммарной и отраженной радиацией?
2. Что такое альbedo, от чего зависит его величина?
3. Какие приборы используются для измерения прямой солнечной радиации?
4. Какие типы термометров используются для измерения температуры воздуха?
5. В чем состоит назначение и принцип работы термографа биметаллического ?.