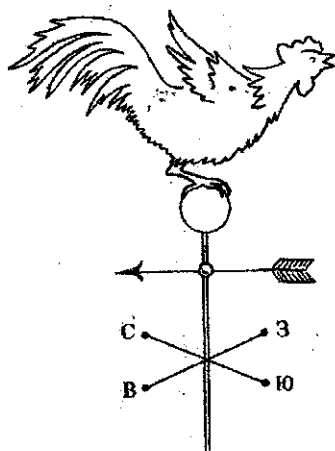


# АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Методические указания  
к лабораторным занятиям



Архангельск  
2006

Федеральное агентство по образованию  
Архангельский государственный технический университет

# **АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ**

*Методические указания  
к лабораторным занятиям*

Архангельск  
2006

Рассмотрены и рекомендованы к изданию методической комиссией  
лесохозяйственного факультета  
Архангельского государственного технического университета  
27 мая 2005 г.

Составители:

Н.А.БАБИЧ, проф., д-р с.-х. наук;  
Н.П.ГАЕВСКИЙ, доц., канд. с.-х. наук;  
Н.Р.СУНГУРОВА, доц., канд. с.-х. наук

Рецензент

П.А.ФЕКЛИСТОВ, проф., д-р с.-х. наук

УДК 551.5

Бабич Н.А. Агрометеорология: Методические указания к лабораторным занятиям / Н.А.Бабич, Н.П.Гаевский, Н.Р.Сунгурова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. - 59 с.

Подготовлены кафедрой лесных культур и механизации лесохозяйственных работ АГТУ:

Даны указания к выполнению восьми тем лабораторных работ по агрометеорологии.

Предназначены для студентов специальности 110101.65 «Агрохимия и агропочвоведение» дневной формы обучения.

Табл. 10. Ил. 26. Прил. 10.

© Архангельский государственный  
технический университет, 2006  
©Бабич Н.А., Гаевский Н.П.,  
Сунгурова Н.Р., 2006

Основная цель изучения дисциплины – формирование представлений, знаний и навыков об агрометеорологических факторах, методах их хранения и мерах защиты сельскохозяйственного производства от опасных явлений.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- ✓ иметь представление о прогнозе погоды и его методах;
- ✓ знать состав, баланс, методы измерения и пути эффективного использования солнечной радиации; температурный режим почвы и воздуха и методы измерения; опасные для сельского хозяйства метеорологические явления и меры борьбы с ними; составляющие климата и его оценку для целей сельскохозяйственного производства; виды и методы агрометеорологических наблюдений, виды и методы агрометеорологических прогнозов; использование агрометеорологической информации в агрономии;

- ✓ уметь измерять солнечную радиацию, температуру, влажность воздуха и почвы, давление, осадки, направление и скорость ветра, составлять агрометеорологические прогнозы, анализировать агрометеорологические условия.

Цель лабораторных работ по агрометеорологии – закрепление теоретических знаний и приобретение навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Перед каждым занятием студенты должны проработать теоретический материал и усвоить порядок выполнения рассматриваемой работы.

Выполненные лабораторные работы представляются преподавателю в виде отчётов. В отчёте необходимо привести определения основных терминов и понятий, порядок выполнения работы, схемы приборов, результаты проведённых наблюдений (исследований), а также ответы на контрольные вопросы, выводы. При оформлении отчётов следует руководствоваться положениями методических указаний Соколов Н.Н., Тутьгин Г.С. Основные положения к оформлению курсовых и дипломных проектов (работ). – Архангельск: РИО АЛТИ, 1979. – 20 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### Определение температуры воздуха и почвы термометрами

**Цель работы** – ознакомить студентов с назначением, устройством приборов для определения температуры воздуха, почвы и методикой проведения наблюдений.

**Задание.** 1. Ознакомиться с назначением и устройством термометров для определения температуры воздуха (срочный, минимальный и максимальный), а также термометров для определения температуры почвы на глубине (термометры Савинова, вытяжные почвенно-глубинные, термометр-щуп, максимально-минимальные, электронный транзисторный цифровой, трость агронома). Дать характеристику термометров и оформить таблицу (табл. 1).

2. Освоить методики подготовки изучаемых приборов к работе и проведения наблюдений.

3. Провести наблюдения и занести полученные результаты в карточку учета (прил. 1). Сделать заключение.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Для измерения температуры воздуха и почвы применяют жидкостные (ртутные (цвет серебра), спиртовые и толуоловые (красного цвета)), термоэлектрические, электротермометры сопротивления и деформационные термометры.

Ртуть обладает свойствами, которые в наибольшей степени отвечают требованиям, предъявляемым к термометрическим жидкостям: Малая теплоемкость и большая теплопроводность ртути обуславливают сравнительно высокую чувствительность ртутных термометров к изменениям температуры, а отсутствие смачивания стекла ртутью делает эти термометры очень точными. Однако ртутные термометры не могут применяться для измерения температур ниже  $-36,0^{\circ}\text{C}$ , так как при этой температуре ртуть замерзает. Для измерения низких температур нужно пользоваться термометрами, наполненными спиртом или толуолом.

Для изготовления метеорологических термометров применяют особые сорта стекла, обладающие свойством весьма незначительного расширения при нагревании.

В зависимости от назначения термометры отличаются размерами, величиной и формой резервуара, ценой самого мелкого деления, пределами измерения температур.

При снятии отсчетов необходимо соблюдать следующие основные правила.

1. Независимо от цены деления шкалы термометра отсчеты проводятся всегда с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

2. В ртутных термометрах отсчитывается крайнее положение вершины мениска, а в спиртовых - положение нижней точки вогнутой поверхности мениска.

3. При положительных температурах (выше  $0^{\circ}\text{C}$ ) целые градусы и их десятые доли отсчитываются от  $0^{\circ}\text{C}$  вверх (от резервуара); при отрицательных температурах (ниже  $0^{\circ}\text{C}$ ) показания термометра отсчитываются от  $0^{\circ}\text{C}$  вниз (к резервуару).

4. Глаз наблюдателя при отсчете должен находиться на одном уровне с концом столбика жидкости в капилляре; при правильном положении глаза черточка шкалы в том месте, где производится отсчет, кажется ровной линией.

5. Отсчитываются вначале десятые доли, а затем уже целые градусы.

6. Ввиду большой чувствительности термометров отсчеты нужно производить как можно быстрее, стараясь при этом не приближать к резервуару голову, руку или фонарик, а также стараясь не дышать на термометр.

7. Если показания термометра выходят за пределы шкалы, записываются предельные показания по шкале, перед которыми ставится знак больше или меньше. Например, шкала термометра может иметь деления от  $-20$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ . Если же зимой конец столбика ртути окажется ниже деления  $-20^{\circ}\text{C}$ , то запись отсчета будет иметь следующий вид:  $<-20^{\circ}\text{C}$ .

**Срочный термометр ТМ-3**, ртутный, используется для измерения температуры воздуха или поверхности почвы в данный момент (срок). Срочный термометр (рис.1) состоит из резервуара с ртутью, к которому припаян капилляр, свободный конец которого запаян. Ртуть заполняет не только резервуар, но также часть этой трубки. В свободной части капилляра воздуха нет. Рядом с капиллярной трубкой укреплена шкала из стекла молочного цвета, на которой нанесены деления в виде горизонтальных черточек. Длинные черточки обычно обозначают целые градусы.

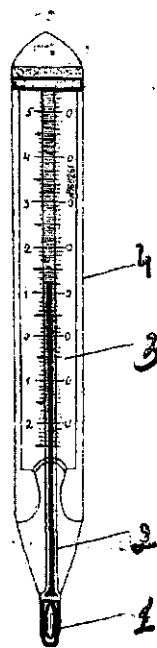


Рис.1. Срочный термометр ТМ-3: 1-резервуар с ртутью; 2-капилляр; 3-шкала; 4-стеклянная оправа

Мелкие обозначают десятые доли градуса и проводятся через каждые  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

**Минимальный термометр ТМ-2.** Для определения низких температур, как правило, используют спиртовые термометры (спирт замерзает при температуре  $-114^{\circ}\text{C}$ ). Внутри капилляра минимального термометра, в заполненной спиртом части, имеется легкая палочка (штифтик) из темного стекла с расширениями на концах (рис.2). При понижении температуры спирт в капилляре сжимается. Вследствие этого часть спирта из капилляра уходит в резервуар и столбик спирта соответственно укорачивается. Пленка поверхностного натяжения спирта увлекает за собой легкий штифтик. Таким образом, по мере понижения температуры штифтик перемещается по капилляру в сторону резервуара. Перемещение продолжается до тех пор, пока понижается температура. При повышении температуры спирт, расширяясь, обтекает штифтик, а сам штифтик остается на том же месте, где находился в момент наиболее низкой температуры. Таким образом, по концу штифтика, противоположному резервуару, можно отсчитать наиболее низкую температуру между сроками наблюдений. Рабочее положение термометра горизонтальное. Отсчеты снимаются только с горизонтально расположенного термометра.

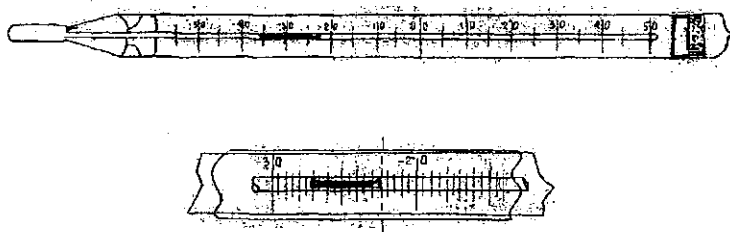


Рис.2. Минимальный термометр ТМ-2

Чтобы подготовить термометр к наблюдению, его поворачивают в вертикальное положение резервуаром вверх. Штифтик под действием своей тяжести перемещается в сторону мениска. Дойдя до мениска, он останавливается, так как вследствие своей легкости не может прорвать пленку. Мениск спирта показывает температуру воздуха в момент наблюдений.

При проведении наблюдений на открытых местах (на полях сельскохозяйственных культур и т.д.) в наиболее жаркое время суток летнего периода минимальный термометр следует убирать в тень, так как спирт может испаряться и переходить в виде мелких капель в верхний конец капилляра (дистилляция спирта). Показания прибора при этом искажаются.

При хранении в тени термометр устанавливают вертикально, поместив резервуар в почву. В таком положении пары спирта, оседающие на стенках капилляра, стекают вниз, и снижается вероятность возникновения воздушных разрывов (пузырей). При образовании разрывов показания не снимаются, термометр берется в правую руку за противоположный от резервуара конец и несколько раз резко встряхивается до восстановления цельности столбика спирта. Если же разрывы появляются снова, то термометр заменяется.

**Максимальный термометр ТМ-1**, ртутный, служит для измерения наивысшей температуры воздуха или поверхности почвы за период между сроками наблюдений.

Максимальные показания температуры сохраняются благодаря следующему устройству термометра: к дну резервуара припаяна тонкая стеклянная игла, конец которой входит в капилляр (рис.3). Между стенкой капилляра и иглой I остается очень малое пространство. При повышении температуры ртуть, расширяясь, просачивается через это узкое пространство. При понижении температуры ртуть в резервуаре сжимается и отрывается от столбика ртути, проникшей в капилляр. Ртуть, вследствие трения, не может пройти через узкое место и остается в капилляре. Поэтому длина столбика ртути в капилляре сохраняется такой же, какой она была при наивысшей температуре. Располагают максимальные термометры в горизонтальном положении.

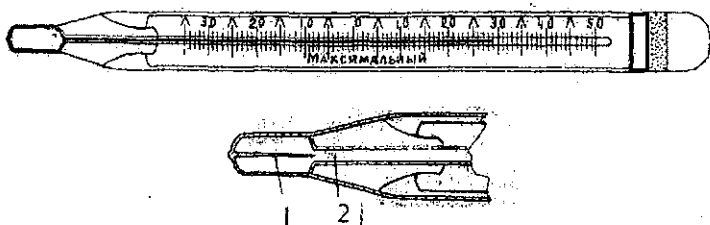


Рис.3. Максимальный термометр ТМ-1: 1 – игла; 2 – капилляр

Чтобы соединить ртуть в капилляре с ртутью в резервуаре, берут термометр за середину и, держа его резервуаром вниз на некотором расстоянии от себя, несколько раз сильно встряхивают.

**Коленчатые термометры (Савинова) ТМ-5**, ртутные, предназначены для измерения температуры почвы в теплый период на глубинах 5, 10, 15 и 20 см. Выпускаются такие термометры в комплекте из четырех штук. Оболочка и капилляры термометра на расстоянии около 2 см от резервуара изогнуты под углом  $135^{\circ}$  (рис.4). Деления на шкале термометра



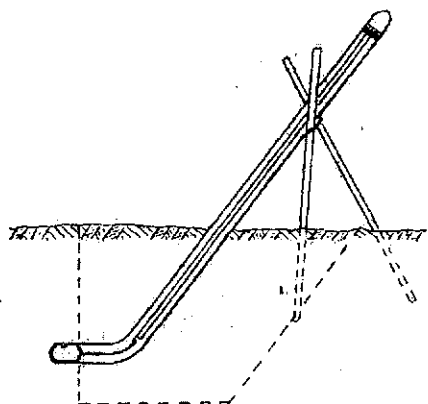


Рис.4. Схема установки термометра Савинова (ТМ-5) в рабочее положение

нанесены через  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Нижняя часть капилляра, от резервуара до шкалы, изолирована, чтобы на ту часть термометра, которая находится в почве, не влияла температура окружающей почвы. Изоляционный слой состоит из прослоек ваты и золы.

Термометры устанавливаются для наблюдений весной, когда оттаивает верхний слой почвы, на глубине около 25 см и снимаются осенью перед наступлением

заморозков. Таким образом, наблюдения ведутся только при температуре почвы выше  $0^{\circ}\text{C}$ .

Термометры располагают по мере увеличения глубины их установки с востока на запад. Шкалы термометра обращают на север, чтобы не затенять их во время производства отсчетов.

Чтобы установить термометр в почве, делают прикопку с отвесной северной стороной, в которой на соответствующих глубинах предусматривают небольшие углубления для резервуаров термометров. После установки термометров ямки засыпают осторожно почвой, которую слегка уплотняют. Для большей устойчивости выступающую часть термометров подпирают рогаткой из деревянных палочек.

При снятии показаний глаз наблюдателя должен находиться на таком уровне от почвы, чтобы черточка шкалы на уровне мениска была ровной линией. В жаркий период лета на термометры Савинова рекомендуется надевать футляры из-под минимального, максимального или срочного термометров во избежание прокрашивания (окисления ртутью) стенок капилляра парами ртути и ошибок при снятии отсчетов.

**Термометр-щуп АМ-6** (рис. 5) служит для измерения температур почвы в полевых условиях на глубине от 3 до 40 см. Он состоит из жидкостного толуолового термометра и пластмассовой или металлической оправы. Цена деления шкалы термометра  $1^{\circ}\text{C}$ . Нижний конец оправы заканчивается заостренным металлическим наконечником, в котором расположен резервуар термометра, сверху оправы имеется рукоятка. Для обеспечения теплового контакта и увеличения термической инерции прибора простран-

ство между Наконечником и резервуаром термометра заполнено медными опилками. Если оправка металлическая, то наконечник изолируется от нее пластмассовой термоизоляционной прокладкой. На оправе нанесена шкала глубин через 1 см, для снятия отсчетов в ней имеется продольное окно, закрытое пластинкой из органического стекла.

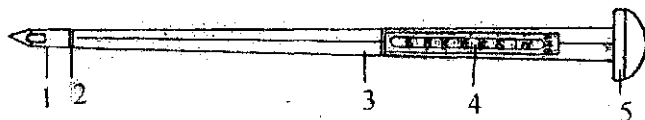
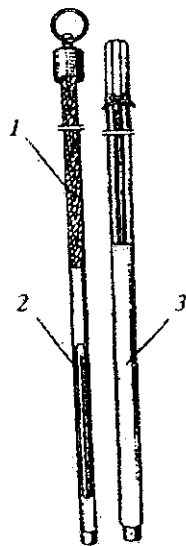


Рис. 5. Термометр-щуп АМ-6: 1 – металлический наконечник; 2 – изоляционная прокладка; 3 – металлическая оправка; 4 – окно; 5 – рукоятка

При проведении наблюдений термометр вертикально погружается на требуемую глубину. Если почва рыхлая, его просто вдавливают, в плотных почвах сначала подготавливается скважина нужной глубины специальным буром или железным ломиком. Термометр выдерживается в почве не менее 5 минут, после чего производят отсчет, по возможности не вынимая термометр. Переноска и хранение термометра производятся в вертикальном положении.

**Термометры почвенно-вытяжные ТПВ-50** (рис.6), ртутные, предназначены для измерений температуры почвы на глубинах 20 - 320 см в течение года. Их можно также использовать в хозяйствах для измерения температуры в буртах, силосных ямах и т.п.

Термометры обычно устанавливают на глубине 20, 40, 80, 160, 240 и 320 см. При установке вытяжного термометра в почве с помощью бура Малькова (до глубины 1,5 м) сначала делают скважину, в которую вставляют эбонитовую трубку, закрытую снизу медным колпачком. В эбонитовую трубку, закрепленную растяжками, вставляют на деревянном стержне (штанге) термометр, заключенный в оправу с прорезью для шкалы. Для уменьшения воздухообмена в трубе на штангах укреплены войлочные кольца. Нижняя часть



оправы, где помещается резервуар термометра, залита парафином с медными опилками, чтобы термометр за время отсчета не изменял своих показаний. Верхняя часть трубки закрывается колпачком, прикрепленным к деревянному стержню.

Рис.6. Термометр почвенно-вытяжной ТПВ-50:  
1 - деревянный шест;  
2 - термометр;  
3 - эбонитовая трубка

Рис.7. Установка термометров  
ТПВ-50: 1 – растяжки

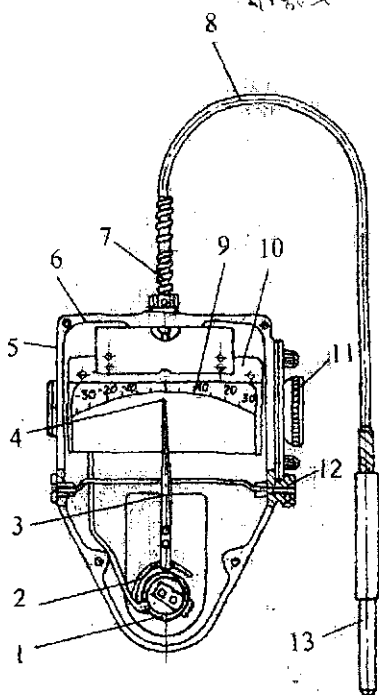
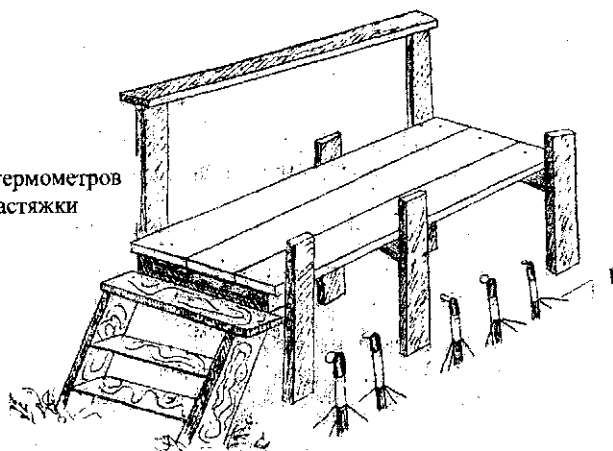


Рис.8. Максимально-минимальный термометр  
АМ-17: 1-манометрическая геликоидальная пружина; 2 - биметаллический термокомпенсатор; 3 - кронштейн; 4 - стрелка с пером; 5 - корпус; 6 - крышка; 7 - металлическая оплётка; 8 - капилляр; 9 - шкала; 10-стекло; 11-фиксатор; 12 - стрелочный арретир; 13 - термобаллон

После снятия отсчетов термометр необходимо плавно опустить на глубину.

Вытяжные термометры используются круглогодично.

**Максимально-минимальный термометр АМ-17**, толуоловый, служит для измерения экстремальных и срочных температур на глубине узла кущения (3 см) озимых культур.

Принцип действия термометра основан на термическом изменении объема рабочей жидкости - толуола, заключенного в замкнутую манометрическую систему, и на преобразовании этого изменения в показания стрелки прибора.

Термометр (рис.8) состоит из герметически запаиваемой термоманометрической системы, включающей в себя термобаллон, манометрическую геликоидальную пружину с биметаллическим термокомпенсатором и соединен-

тельный капилляр, корпуса, крышки со стеклом, закопченного барабана, кронштейна со стрелкой и пером на конце, шкалы, стрелочного арретира, арретира шкалы и фиксатора.

Часть капилляра, выходящая из корпуса, заключена в металлическую оплетку. Оставшаяся часть капилляра (около 3 м) и термобаллон являются приемниками температуры.

Вся термосистема заполнена под давлением толуолом  $C_7H_8$ .

С изменением температуры датчика (термобаллон и часть соединительного капилляра) геликоидальная пружина раскручивается и поворачивает биметаллический компенсатор, на котором крепится кронштейн со стрелкой. Изменение температуры фиксируется пером стрелки на поверхности закопченного барабана, находящегося в корпусе под стеклом. Перо прочерчивает на барабане дугу, левый конец которой характеризует минимальную, правый - максимальную температуры между сроками наблюдений. Над барабаном расположена шкала с делениями от  $-30$  до  $+30^{\circ}C$ , которая арретиром, расположенным на задней стенке корпуса, на время отсчетов прижимается к барабану. С правой стороны корпуса расположены стрелочный арретир и фиксатор.

Для предохранения от внешних воздействий корпус термометра помещен в защитный футляр.

Установка. Для наблюдений термометр устанавливается на метеоплощадке или в специально отведенном месте до наступления морозов. Корпус прибора укрепляют на деревянном столбе высотой не более 60...70 см, часть капилляра с оплеткой закладывают в углубление столба и закрепляют планкой, а остальную часть (около 2,3 м) и термобаллон укладывают в канавку шириной 5...6 см и глубиной 3...5 см. Конец термобаллона должен быть подведен к месту расположения узла кушения или, корневой системы растений. Затем канавку засыпают и место засыпки сравнивают с поверхностью почвы. Корпус термометра должен свободно висеть на амортизационных пружинах.

Измерения. К термометру АМ-17 следует подходить со стороны, противоположной расположению датчика, чтобы не нарушать глубину его установки и имеющийся над ним снежный покров. Для отсчета показаний необходимо осторожно открыть крышку защитного футляра и повернуть фиксатор. При этом на барабане прочерчивается дополнительно поперечная черточка. После этого шкалу прижимают арретиром к барабану. По левому краю дуги записывают минимальную температуру, по правому - максимальную, по поперечной черточке - срочную температуру. Отсчет температур производят с точностью до  $\pm 0,5^{\circ}C$ . Снимать показания можно

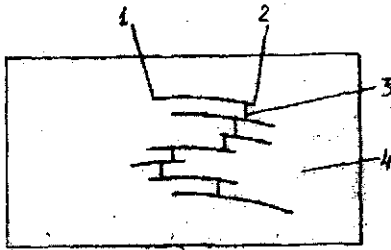


Рис. 9. Пример записи температуры на барабане: 1 - начало кривой; 2 - конец кривой; 3 - поперечная линия; 4 - барабан

другим или вновь покрывают слоем сажи. Пример записи на барабане показан на рис.9.

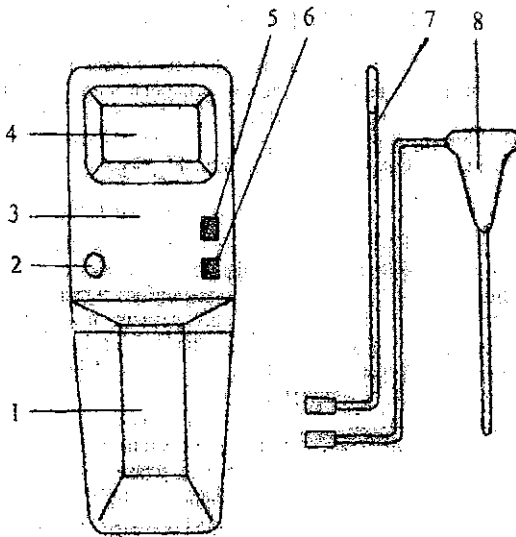


Рис. 10. Термометр ТЭТ-ЦШ: 1 - кожух отсека источника питания; 2 - разъём; 3 - измерительный блок; 4 - экран отсчётного устройства; 5 - кнопка включения питания; 6 - кнопка подсветки и включения питания; 7 - датчик универсальный; 8 - датчик почвенный

в любое время суток, однако целесообразно это делать в 12 - 13 часов местного времени. При высоте снежного покрова больше 30...35 см температура на глубине измерения остается постоянной.

Поэтому запись на барабане будет в виде вертикальных черточек, получаемых при повороте барабана фиксатором. Закончив измерения, крышку футляра закрывают. Если барабан полностью покрыт штрихами, его заменяют

**Транзисторный электронный цифровой термометр ТЭТ-ЦШ** применяют для измерения температуры пахотного слоя в теплый период. Им можно измерять и температуру в буртах корнеплодов, картофеля, в зерновой массе в засеках, в ящучих, жидких и других средах (сено, сенаж, корма и т.д.).

Диапазон измерения температур от -60 до 100°C. Термометр имеет цифровой отсчет значений измеряемой температуры в градусах Цельсия с показаниями десятых долей градуса с автоматической индикацией знака "-" измеряемой температуры

на семисегментных жидкокристаллических индикаторах. Минимальное время установления показаний: универсального датчика в перемешиваемой жидкости - не более 30 с, почвенного датчика - 200 с.

Работа термометра основана на замере напряжения перехода "эмиттер-база" транзистора, которое уменьшается с увеличением температуры среды и увеличивается с уменьшением. Термометр (рис.10) состоит из измерительного блока и универсального и почвенного датчиков, присоединяемых к измерительному блоку с помощью разъема. Измерительный блок выполнен в пластмассовом корпусе, на котором размещены кнопка включения питания, кнопка подсвета и включения питания, экран отсчетного устройства.

В нижней части корпуса находится отсек для источника питания, который закрывается кожухом.

Универсальный датчик выполнен в металлическом герметичном корпусе цилиндрической формы. Внутри корпуса датчика помещен транзистор, соединенный со схемой измерительного блока посредством гибкого кабеля длиной 1,5 м, заканчивающегося разъемом. Датчик предназначен для измерения температуры в сыпучих, жидких средах.

Почвенный датчик представляет собой металлический трубчатый стержень с ручкой, заканчивающийся наконечником. На конце стержня укреплен транзистор. На металлическом стержне нанесены риски и цифры, позволяющие определить глубину погружения датчика. Максимальная глубина погружения - 50 см.

Установка. При работе с термометром вблизи измерительного блока Должны отсутствовать электрические и магнитные поля. Почвенный датчик должен входить в почву без усилий по заранее проложенному каналу. При подготовке к работе в измерительный блок установить источник питания и кнопкой включения питания контролировать работоспособность измерительного блока и напряжение источника питания. Показания исправного измерительного блока при отключенных датчиках могут попеременно принимать значения "+00,0" или "-00,0". Появление в индикации дополнительных точек свидетельствует о несоответствии источника питания необходимому напряжению.

Измерения. Для измерения температуры среды необходимо подключить к измерительному блоку датчик в зависимости от объекта измерения. Поместить датчик в измеряемую среду и дать временную выдержку, чтобы датчик приобрел температуру измеряемой среды. После этого включить термометр и произвести отсчет показаний в градусах Цельсия по экрану отсчетного устройства. При необходимости учесть поправки. После изме-

рения температуры выключить термометр, извлечь датчик из среды и очистить его от загрязнений. Перед длительным перерывом в работе промыть рабочую поверхность датчика водой и просушить.

**Трость агронома**  
**ПИТТ-1** предназначено для измерения температуры пахотного слоя и замера глубины вспашки. Принцип ее действия основан на измерении оптического сопротивления в зависимости от температуры (рис. 11).

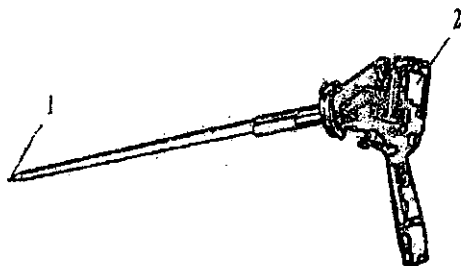


Рис.11. Трость агронома ПИТТ-1: 1-датчик; 2-потенциометр

Таблица 1

Основные характеристики метеорологических термометров

Марка	Название	Цена деления шкалы	Назначение	Особенности устройства

### Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит термометр?
2. В каких случаях следует пользоваться спиртовым термометром?
3. По какой точке мениска производится отсчет показаний спиртового термометра?
4. Как устроен минимальный термометр?
5. Как устроен максимальный термометр и как он устанавливается в рабочее положение?
6. Что такое поверочное свидетельство термометра и для чего оно необходимо?
7. Что является приемником температуры у термометра АМ-17?
8. С какой точностью снимают показания температуры у термометра АМ-17?
9. На какой максимальной глубине можно измерить температуру почвы термометром ТЭТ-ЦП?

## Рекомендательный библиографический список

Чертовской В.Г., Миронова З.А. Температурный режим почвы некоторых типов леса средней подзоны тайга/Некоторые вопросы типологии леса и вырубок - Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1972. -С.58-69.

Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: Колос, 2001. – 304 с. (см.стр. 49-83).

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

#### Определение температуры воздуха термографом

**Цель работы** – ознакомить студентов с назначением, устройством термографа и методикой обработки термомолент.

**Задание.** 1. Ознакомиться с устройством термографа.

2. Обработать термомоленту.

3. Привести схему прибора и фрагмент термомоленты.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Термограф предназначен для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха в течение суток или недели.

Принцип действия прибора основан на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба при изменении температуры.

Термограф (рис.12) состоит из двух основных частей: воспринимающей и регистрирующей. Воспринимающей частью этого прибора служит биметаллическая пластинка, состоящая из двух спаянных полосок разных металлов (инвар и немагнитная сталь) с различными коэффициентами расширения. Пластинка изгибается в ту или другую сторону при повышении или понижении температуры.

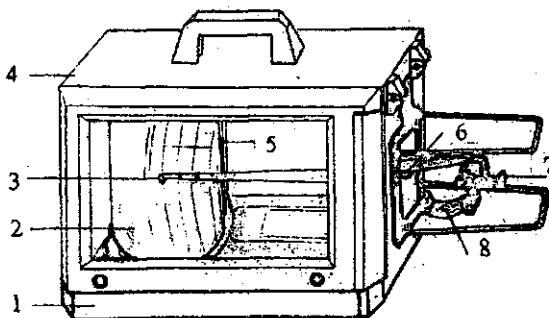


Рис.12. Общий вид термографа М-16А: 1 – корпус; 2 – барабан с часовым механизмом; 3 – перо-ковшик; 4 – крышка корпуса; 5 – скобка для крепления термомоленты; 6 - кнопка отметки времени; 7 – винт установки пера на заданную температуру; 8 – биметаллическая пластинка

Один конец пластинки укреплен неподвижно в жесткой раме. Другой ее конец при помощи вспомогательного рычага соединен с наибольшим



пером (ПСП-1-2) в виде ковшика на конце. Ковшик заполняют специальными анилиновыми чернилами ЧСП-1, содержащими в своем составе глицерин, который замедляет высыхание чернил и делает их незамерзающими. Перо прикасается к специальной ленте, наложенной на барабан с часовым механизмом. Стрелка, перо и часовой механизм барабана составляют регистрирующую часть прибора. Часовой механизм заводится специальным ключом. Под действием часового механизма барабан вращается вокруг вертикальной оси. В зависимости от продолжительности одного оборота барабана вокруг своей оси различают суточные (М-16АС) и недельные (М-16АН) термографы. При повышении температуры перо перемещается по ленте вверх, при понижении - опускается вниз. Так как одновременно барабан вращается, то на ленте вычерчивается кривая хода температуры. Правильность нажима пера на ленту определяется следующим образом. Прибор наклоняют на 30...40° а зрительно отмечают, насколько отходит перо от барабана. При правильном нажиме оно должно лишь на 1...2 мм отходить от барабана. В противном случае необходимо отрегулировать нажим пера вращением винта у основания стрелки. На ленте нанесены горизонтальные линии. Перемещение пера на одно деление между двумя горизонтальными линиями соответствует изменению температуры на один градус.

В средней части ленты нанесены три горизонтальные нулевые линии, позволяющие фиксировать температуру в зависимости от сезона года: от -25 до +55°С; от -35 до +45°С; от -45 до +35°С. Деления выше нулевой линии соответствуют положительным температурам, ниже нулевой линии - отрицательным. Перо термографа можно установить на любую нулевую линию путем поворота винта регулировки. В верхней части термоленты с недельным ходом отмечены названия дней недели, а с суточным ходом - часы (рис.13).

Подготовка термографа к работе заключается в следующем. Снимается барабан и заводится часовой механизм. Лента плотно прикладывается к барабану, так чтобы края начала и конца горизонтальных линий на ленте совпали, и закрепляется специальной пластиной (скобкой). После этого по срочному термометру определяются температура воздуха на высоте установки термографа. Регулировочным винтом (см. рис. 12) и поворотом барабана с часовым механизмом перо самописца устанавливается на соответствующие линии температуры и вертикальную кривую времени установки прибора. При установке ленты на барабан необходимо указать на обратной стороне время установки (дата - число, месяц, год, часы, минуты), объект исследований, температуру воздуха на момент установки термографа и фамилию исследователя.

По записи на ленте термографа можно определить температуру для любого момента, а также выявить периоды повышения или понижения температуры, имеющие место в промежутке между сроками наблюдений.

Показания термографа относительны. Вследствие большого числа передаточных частей в местах соединения стержней и осей возникает трение, что отрицательно влияет на показания прибора. Кроме того, неточность прибора обуславливается инерцией при нагревании и остывании пластины, неточностью часового механизма.

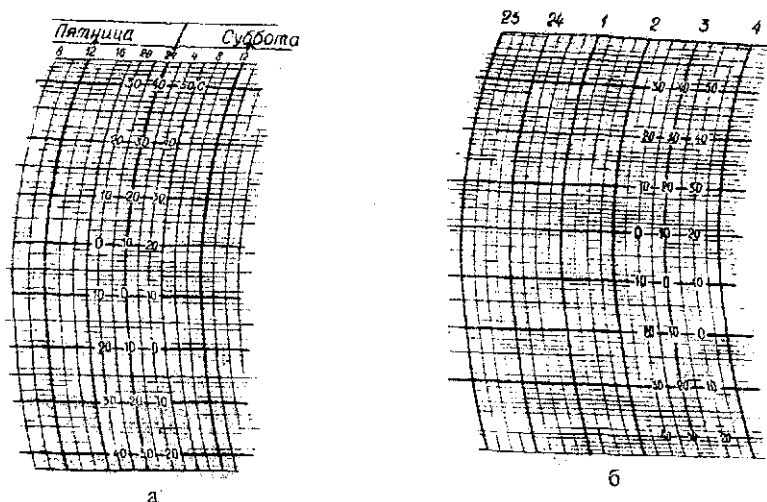


Рис.13. Фрагменты термомлент: а – недельной ЛМ-3; б – суточной ЛМ-4

### Обработка ленты термографа

Для корректировки показаний термографа на метеорологических станциях используются показания срочных термометров. В исследованиях агрофитоценозов показания с термометров снимаются с большим промежутком времени, поэтому для корректировки показаний термографа могут быть использованы показания срочного, минимального и максимального термометров, которые устанавливаются на одном уровне с биметаллической пластикой термографа.

Наблюдатель в принятые сроки отсчитывает показания термометров и заносит их в специальный журнал или полевой дневник. Одновременно на ленте термографа делается отметка времени путем нажатия кнопки на задней стенке прибора (см. рис.12). При нажатии кнопки поворачивается горизонтальная ось, на которой крепится стрелка с пером, и на ленте вырисовывается небольшая вертикальная черточка, отмечающая момент снятия показаний с прибора. По этим отметкам времени проводится обработка и корректировка температуры на лентах термографа.

Если часы спешат, то отметки будут расположены вправо от соответствующих дуг, если же часы отстают, то влево, причем на разных расстояниях.

При снятии показаний термометров и установки отметки времени необходимо проверить соответствие показаний термографа и термометра. Если разница между ними большая, то регулировочным винтом перо термографа устанавливается на соответствующую термометру температуру. Такие поправки обязательно отмечаются в журнале или дневнике и учитываются при обработке лент. Малые отклонения показаний термографа и термометра учитываются при камеральной обработке.

Чтобы обработать записи термографа, то есть определить температуру воздуха для каждого дня и часа данного месяца и сезона, составляют журнал регистрации показаний термографа. Перед началом записи показаний в журнал проводят подготовку лент термографа. На ленте указывают сверху числа месяца и под каждой отметкой подписывают час, в который она сделана. Затем согласно срокам постановки и снятия ленты по отметкам времени проводят корректировку времени на кривой хода температуры. Если лента на термограф была поставлена, верно, и часы шли правильно, то изменений вносить не приходится, так как время соответствует вертикальным кривым, нанесенным на ленте. После разметки лент приступают к снятию показаний.

С ленты термографа снимаются отсчеты за каждый час суток и записываются в журнал (первая строка). После этого в третьей строке проставляются показания срочного термометра, снятые в определенные часы данного числа. В графы с минимальной и максимальной температурами, определенными по термографу, записываются отсчеты с минимального и максимального термометров (при их наличии). Разница между показаниями термографа и термометров составляет поправку в определенные часы. Если показания термографа ниже, чем термометра, то поправка будет отрицательная. Если показания термометра выше, чем термографа, то поправка будет положительная. Затем приступают к распределению поправки в остальные часы суток. Для этого берут две близкие поправки, из большей вычитают меньшую, разницу делят на число часов между ними и прибавляют один час. Полученное значение вычитают или прибавляют к каждой последующей поправке за каждый час. Если первая поправка больше, чем вторая, то производят вычитание, если первая поправка меньше второй, производят сложение. То есть в каждый последующий час после первой поправки температура будет меньше или больше на определенную найденную величину.

## **Контрольные вопросы**

1. Как устроен приемник температур в термографе?
2. Как определять правильность нажима пера на ленту?
3. С какой целью на ленте термографа делается отметка времени?
4. Зачем и как вносятся поправки в показания термографа?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3** **Определение освещенности в агрофитоценозах**

**Цель работы** - ознакомить студентов с назначением и устройством люксметра Ю-116, принципом его работы, а также методикой исследования освещенности в агрофитоценозах.

**Задание.** 1. Ознакомиться с назначением и устройством люксметра Ю-116.

2. В краткой форме изложить методику проведения исследований.
3. Провести серию опытов по определению освещенности.
4. Обработать полученные результаты исследований.
5. В отчете о работе привести принципиальную схему прибора.
6. Сделать заключение.
7. Ответить на контрольные вопросы.

**Освещенность и растения.** Живые организмы чутко реагируют на изменение интенсивности освещения, создаваемого солнечным излучением. Вследствие различной реакции на интенсивность освещенности все формы растительности делят на светлюбивые и теневыносливые. Недостаточная освещенность в посевах обуславливает, например, слабую дифференциацию тканей соломины зерновых культур. В результате уменьшаются крепость и эластичность тканей, что часто приводит к полетанию посевов. В загущенных посевах кукурузы из-за слабой освещенности солнечной радиацией ослабляется образование початков на растениях.

Солнечная радиация влияет на химический состав сельскохозяйственной продукции. Например, сахаристость свеклы и плодов, содержание белка в зерне пшеницы непосредственно зависят от числа солнечных дней. Количество масла в семенах подсолнечника, льна также возрастает с увеличением прихода солнечной радиации.

Освещенность надземной части растений существенно влияет на поглощение корнями питательных веществ. При слабой освещенности замедляется перевод ассимилятов в корни, и в результате тормозятся биосинтетические процессы, происходящие в клетках растений.

Освещенность влияет и на появление, распространение и развитие болезней растений. Период заражения состоит из двух фаз, различающихся

между собой по реакции на световой фактор. Первая из них - собственно прорастание спор и проникновение заразного начала в ткани поражаемой культуры — в большинстве случаев не зависит от наличия и интенсивности света. Вторая — после прорастания спор — наиболее активно проходит при повышенной освещенности.

Положительное действие света сказывается также, на скорости развития патогена в растении-хозяине. Особенно четко это проявляется у ржавчинных грибов. Чем больше света, тем короче инкубационный период у линейной ржавчины пшеницы, желтой ржавчины ячменя, ржавчины льна и фасоли и т. д. А это увеличивает число генераций гриба и повышает интенсивность поражения. В условиях интенсивного освещения у этого патогена возрастает плодовитость.

Люксметр Ю-116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом, источники которого расположены произвольно относительно светоприемника люксметра. Он устойчиво работает при температуре окружающего воздуха от  $-10$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности до 80 %.

Прибор состоит из селенового фотоэлемента Ф 55С, соединенного проводом с измерителем (рис. 14). Фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе. Светочувствительная поверхность фотоэлемента составляет около  $30\text{ см}^2$ .

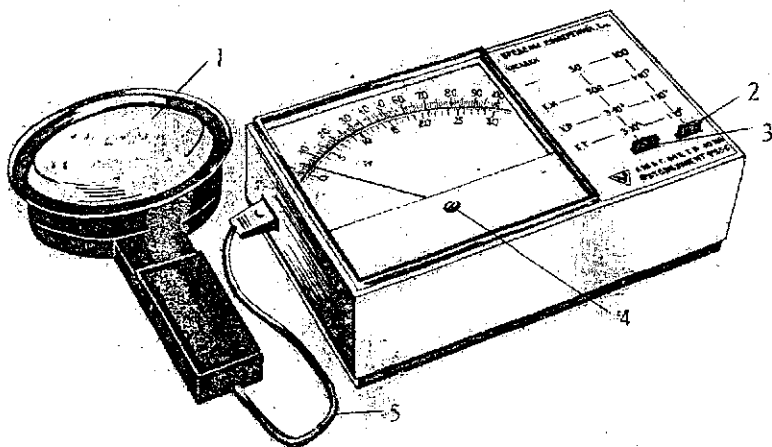


Рис. 14. Люксметр Ю-116: 1,— фотоэлемент с насадкой К; 2 — правая кнопка; 3 — левая кнопка; 4 — корректор

Принципиальная схема селенового элемента заключается в следующем. На железную пластинку нанесен слой селена (Se). Селен сверху покрыт очень тонким слоем золота (Au) или платины. Лучи света легко про-

ходят через верхний слой металла и поглощаются селеном. Под влиянием этих лучей от селена освобождаются электроны, которые проникают в слой золота. Обратного движения эти электроны не имеют, так как между селеном и золотом образуется запирающий слой, обладающий свойством пропускать электроны только в одном направлении и задерживать их в обратном. В этом случае верхний слой металла получает отрицательный заряд, а селен и железная пластина заряжаются положительно. Если железо с помощью проводника соединить с золотом и в цепь включить стрелочный актинометрический гальванометр (измеритель), то он покажет наличие фототока в цепи. Сила измеренного фототока пропорциональна падающей на фотоэлемент радиации.

Селеновый фотоэлемент обладает селективным поглощением в области длин волн, совпадающей примерно с областью фотосинтетически активной радиации (ФАР). Поэтому фотоэлектрический люксметр Ю-116 широко применяется при исследовании динамики ФАР в агрофитоценозах.

Люксметр Ю-116 имеет предел измерений 100000 люкс, что обеспечивается применением насадок. Одна из насадок выполнена из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Оно обозначается буквой К, нанесенной на ее внутренней стороне, и применяется совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначения М, Р, Т. Насадка К самостоятельно не применяется. Эти насадки совместно с насадкой К образуют три поглотителя с коэффициентами ослабления соответственно 10, 100, 1000 и применяются для расширения диапазона измерений. Измеритель имеет две шкалы в пределах 0...30 лк (нижняя) и 0...100 лк (верхняя). На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений. При использовании насадок пределы измерения увеличиваются в 10, 100 и 1000 раз.

Люксметр Ю-116 обеспечивает точность определения освещенности  $\pm 10\%$ . При работе с люксметром нельзя подвергать его ударам и сотрясениям, следует обращаться с ним как с оптическим прибором. В случае загрязнения насадок и фотоэлемента их поверхности протираются ватным тампоном, смоченным спиртом.

### Методика проведения измерений

Работа, как правило, выполняется в полуденные часы ясных безоблачных дней, когда спектральный состав и интенсивность света практически остаются постоянными. Число замеров должно быть 180...250. Точки наблюдений берутся без какого-либо подбора, через произвольное, но примерно равное расстояние, например 3...5 шагов. Измерение освещенности удобно производить на высоте 1,3 м, держа фотоэлемент на вытянутой руке.

При определении освещенности фотоэлемент располагают горизонтально, на некотором расстоянии от исследователя, так, чтобы тень от него

не падала на фотоэлемент. Гальванометр также располагается горизонтально.

Измерения освещенности всегда начинают с установки на фотоэлемент насадок Т и К, чтобы уберечь селеновый фотоэлемент от излишней освещенности. После установки насадок Т, К нажимаем правую кнопку и работаем по верхней шкале. Если стрелка гальванометра не зашла по верхней шкале за деление с точкой, то в этом случае нажимаем левую кнопку и работаем по нижней шкале. А если стрелка не зашла за деление с точкой по нижней шкале, то в этом случае меняем насадку Т на Р. Так, последовательно подбираем одну из трех насадок. Если при насадках К, М и нажатой левой кнопке стрелка не доходит до пяти делений по шкале 0...30, то в этом случае измерения производят без насадок, то есть с открытым фотоэлементом.

Например, на фотоэлементе установлены насадки К, Р, нажата левая кнопка, стрелка показывает на деление 10 (измерение по шкале 0...30). Измеряемая освещенность равна  $10 \cdot 100 = 1000$  лк. В нашем случае 100 - это коэффициент ослабления освещенности насадками К, Р.

Полученные данные анализируют и обрабатывают статистически непосредственным способом. Методика статистической обработки экспериментальных данных изложена в приложении 2.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4** **Определение скорости ветра**

**Цель работы** - ознакомить студентов с назначением, устройством анемометров МС-13, АСО-3, АРИ-49 и методикой определения скорости ветра.

**Задание.** 1. Ознакомиться с устройством и назначением МС-13, АСО-3, АРИ-49.

2. Изучить методику проведения наблюдений.

3. В отчете о работе привести схемы приборов.

4. Анемометром МС-13 выполнить измерения скорости ветра и занести полученные данные в карточку учета (прил. 3). Статистически обработать полученные данные.

5. Сделать заключение по результатам определений, сравнив полученные данные со шкалой для визуальной оценки силы ветра (прил. 4).

6. Ответить на контрольные вопросы.

Воздух лишь в редких случаях находится в состоянии покоя. Обычно он перемещается как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Движение воздуха в горизонтальном направлении называют ветром.

Вызывает это перемещение разность давления воздуха, возникающая от неодинакового нагревания подстилающей поверхности солнечными лучами. В более нагретом участке этой поверхности наблюдается пониженное давление, а в менее нагретом - повышенное. Ветровой поток всегда направлен в сторону меньшего давления. Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость выражается в метрах в секунду, а направление определяется точкой горизонта, откуда дует ветер, и записывается по 16 румбам: С - север, СВ - северо-восток и т.д. (рис. 15). Скорость ветра определяется с помощью чашечного (МС-13), крыльчатого (АСО-3) или ручного индукционного анемометра АРИ-49. Флюгер Вильда является запасным прибором для определения силы и направления ветра на электрифицированных метеостанциях.

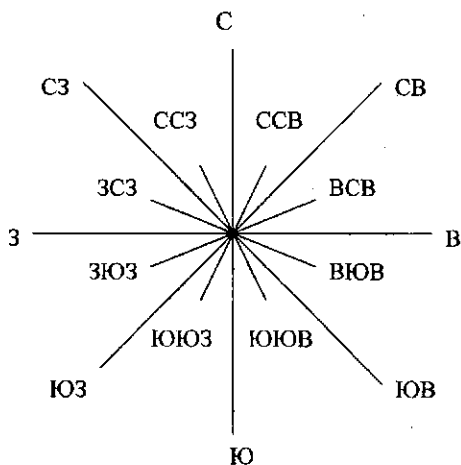


Рис.15. Румбы горизонта

Ветер способствует перемешиванию воздуха, поддерживая постоянство газового состава атмосферы. Он переносит влажный воздух с океанов и морей в глубь материков, обеспечивая растения влагой.

Благоприятность воздействия его на растения, животных и состояние деятельной поверхности зависят главным образом от скорости, времени появления и продолжительности.

Ветер имеет и чисто биологическое значение для ветроопыляемых культур:

Энергию ветра широко используют в сельском хозяйстве. Ее применяют для выполнения различных работ. Ветер вращает двигатели мельниц и электростанций, что позволяет снабжать водой из колодцев и рек огороды, поля и животноводческие фермы.

Во влажные весны ветер благоприятствует подсыханию верхних слоев почвы, зерна в валках при раздельной уборке хлебов, что позволяет проводить выборочные полевые работы в более ранние сроки.

Отрицательное действие ветра заключается в увеличении непродуктивного испарения с поверхности почвы, обуславливающего почвенную засуху, и в усилении повреждения растений при атмосферной засухе. Сильные ветры (ураганы) разрушают постройки, мосты, линии связи и



электропередачи, вызывают метели, пыльные бури, эрозию почвы, наводнения, полегание хлебов и т. д.

Ветер часто причиняет плодовым деревьям механические повреждения: ломает ветви, сучья, а иногда опрокидывает деревья с корнями. Явление поломки деревьев ветром называют *буреломом*, явление же опрокидывания деревьев с корнями — *ветровалом*. От ветровала наиболее сильно страдают деревья со слабо развитой корневой системой, например яблони на карликовом подвое. Ветер иногда является большой помехой садоводству и пчеловодству. Сильные ветры препятствуют лету насекомых и пчел, что ухудшает условия опыления садов; вызывают иссечение листьев, обрыв цветков и плодов. Поэтому с давних времен сады для защиты от ветра обсаживают деревьями и кустарниками.

### Чашечный анемометр МС-13

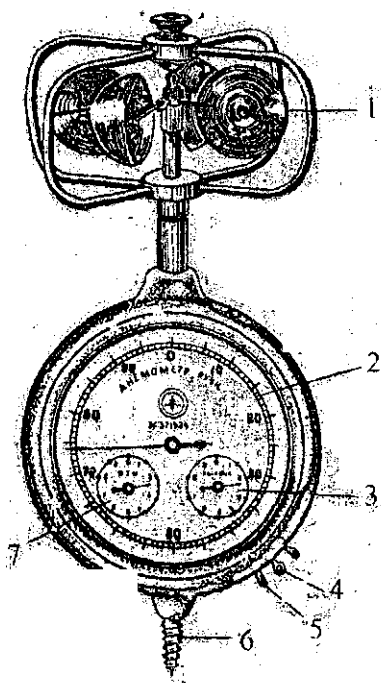
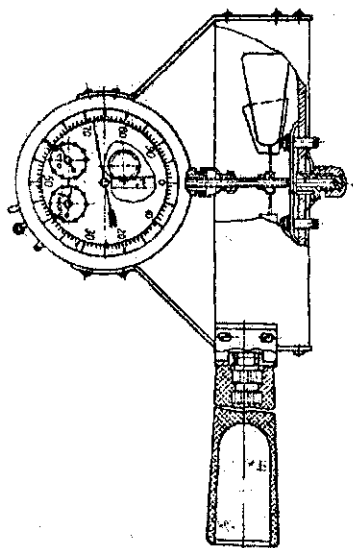


Рис. 16. Анемометр МС-13:  
1 - четырёхчашечная вертушка; 2,  
3, 7 - циферблаты; 4 - арретир;  
5 - неподвижное кольцо; 6 - винт

Анемометр МС-13 (рис.16) предназначен для измерения средней скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с за некоторый промежуток времени. Основной (приемной) его частью является четырёхчашечная вертушка, закрепленная на вращающейся оси. Второй конец оси имеет червячную (винтовую) нарезку и соединяется с редуктором, передающим скорость вращения вертушки счетному механизму. Счетный механизм имеет три циферблата, позволяющих производить отсчет единиц 2, сотен 7 и тысяч 3 оборотов. Включение и выключение счетного механизма производится арретиром. В том случае, когда измерения ведутся на значительной высоте, к арретиру привязывают шнур, концы которого пропускают сквозь неподвижные кольца. Для включения прибора достаточно потянуть за шнур, пропущенный через верхнее кольцо, для отключения прибора - за шнур, пропущенный сквозь нижнее кольцо. Анемометр при помощи винта закрепляют на деревянном шесте в вертикальном положении.

### Крыльчатый анемометр АСО-3

Отличается от МС-13 тем, что у него чашечки заменены на крыльчатые лопасти (рис. 17). При измерениях, производимых АСО-3, необходимо, образно выражаясь, "искать направление ветра". Принцип определения скорости ветра АСО-3 такой же, как и анемометром МС-13.



### Анемометр ручной индукционный АРИ-49

Предназначен для измерения мгновенной (осредненной на 2-3 с) или средней за небольшой промежуток времени скорости ветра.

Приемником анемометра (рис.18) является трёхчашечная вертушка, закрепленная на оси. Нижний конец оси соединен с магнитоиндукционным тахометром, преобразующим угловую скорость вращения вертушки в угол поворота указателя стрелки. Механизм анемометра заключен в металлический корпус. В нижней части его устроено окно, закрытое стеклом, через которое видны шкала и указательные стрелки. Деления шкалы в м/с. Внизу корпус заканчивается резьбовым хвостовиком, на который навинчивается рукоятка или металлический наконечник для крепления анемометра на шесте.

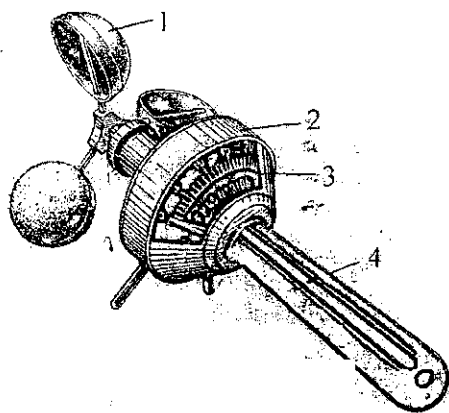


Рис.18. Анемометр ручной индукционный АРИ-49: 1 - вертушка; 2 - корпус; 3 - шкала с указательной стрелкой; 4 - рукоятка

На заданную высоту анемометр поднимают в руке или на шесте нужной длины. Прибор во время наблюдений должен быть повернут окном к наблюдателю. До начала отсчета выжидают 10...15 с, чтобы вертушка приняла скорость вращения, соответствующую скорости ветра. Делают 3 отсчета с

интервалом 5...10 с при слабом порывистом ветре и 10...12 отсчетов при сильном порывистом. Для определения скорости ветра рассчитывается среднеарифметическое из полученных отсчетов и вводится поправка из поверочного свидетельства прибора.

### **Методика проведения наблюдений МС-13**

При выключенном счетчике оборотов снимают показания по всем циферблатам. Анемометр устанавливают на заданной высоте так, чтобы шкала была обращена в подветренную сторону. Через 20...30 с включают счетчик и секундомер. Через 100 с после включения счетчик выключают и снимают второй отсчет по всем циферблатам анемометра. Разделив разность между конечным и начальным отсчетами на 100 с, получают число делений в одну секунду. К каждому анемометру прилагается сертификат в виде графика или таблицы. Зная число делений в секунду, можно по графику или переводному множителю из таблицы определить скорость ветра в метрах в секунду.

Число опытов определения скорости ветра по каждому объекту должно составить 15...25. Это позволяет при обработке исходных данных применять метод математической статистики (малая выборка). При комплексных экологических исследованиях определение скорости ветра выполняется одновременно на двух и более сравниваемых объектах.

Результаты измерений заносят в карточку учета (прил.3), которая прилагается к отчету по лабораторной работе.

Сделать заключение по результатам определений, сравнив полученные данные со шкалой для визуальной оценки силы ветра (прил. 4).

### **Контрольные вопросы**

1. Какими показателями характеризуется ветер?
2. Почему перед включением счетчика оборотов анемометр должен некоторое время поработать вхолостую?
3. Назовите приборы, применяемые для определения характеристик ветра?
4. Каково значение ветра для сельского хозяйства?

### **Рекомендательный библиографический список**

- Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. - Л.: Наука, 1970. - 486 с.  
Праха Л.З. Сердитые и добрые ветры. - Л.: Гидрометеоздат, 1961.-150 с.  
Праха Л.З: Ветер (термины, определения, местные названия, понятия, связанные с действием ветра). - Киев, 1975. - 176 с.  
Лосев А.П., Журкина Л.Л. Агрометеорология. - М.: Колос, 2001. - 304 с. (см. стр.137-152).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### Определение влажности воздуха

**Цель работы** – ознакомить студентов с назначением, устройством приборов МВ-1, МВ-4М, М-21 и методикой определения влажности воздуха.

**Задание. 1.** Изучить устройство и назначение волосного гигрометра МВ-1, психрометра аспирационного МВ-4М и гигрографа М-21.

2. Изучить порядок подготовки приборов к работе и методику проведения наблюдений.

3. В отчете о работе привести схемы изучаемых приборов.

4. Провести наблюдения и занести полученные данные в карточку учета (прил. 5). Сделать заключение.

5. Ответить на контрольные вопросы.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на растение. Она в значительной степени обуславливает интенсивность транспирации. При высокой температуре и пониженной влажности ( $f < 30\%$ ) транспирация резко увеличивается и у растений возникает большой недостаток воды, что отражается на их росте и развитии. Например, отмечается недоразвитие генеративных органов, задерживается цветение.

Низкая влажность в период цветения обуславливает пересыхание пыльцы и, следовательно, неполное оплодотворение, что у зерновых, например, вызывает череззерницу. В период налива зерна чрезмерная сухость воздуха приводит к тому, что зерно получается щуплым, урожай снижается.

Малое влагосодержание воздуха приводит к мелкоплодности плодовых, ягодных культур, винограда, слабой закладке почек под урожай будущего года и, следовательно, снижению урожая. Влажность воздуха отражается и на качестве урожая. Отмечено, что низкая влажность снижает качество льноволокна, но повышает хлебопекарные качества пшеницы, технические свойства льняного масла, содержание сахара в плодах и т. д.

Особенно неблагоприятно снижение относительной влажности воздуха при недостатке почвенной влаги. Если жаркая и сухая погода длится продолжительное время, то растения могут засохнуть.

Отрицательно сказывается на росте и развитии растений и длительное повышение влагосодержания ( $f > 80\%$ ). Избыточно высокая влажность воздуха обуславливает крупноклеточное строение ткани растений, что приводит в дальнейшем к полеганию зерновых культур. В период цветения такая влажность воздуха препятствует нормальному опылению рас-

---

\*  $f$  - относительная влажность, %

тений и снижает урожай, так как меньше раскрываются пыльники, уменьшается лет насекомых.

Повышенная влажность воздуха задерживает наступление полной спелости зерна; увеличивает содержание влаги в зерне и соломе, что, во-первых, неблагоприятно отражается на работе уборочных машин, а во-вторых, требует дополнительных затрат на просушку зерна.

От влажности воздуха зависят и сроки проведения ряда сельскохозяйственных работ: борьбы с сорняками, закладки кормов на силос, проветривания складских помещений, сушки зерна и др.

В тепловом балансе сельскохозяйственных животных и человека с влажностью воздуха связан теплообмен. При температуре воздуха ниже 10°C повышенная влажность усиливает теплоотдачу организмов, а при высокой температуре - замедляет.

В теплое время года повышенная влажность воздуха способствует развитию и распространению ряда грибных заболеваний сельскохозяйственных культур (фитофтороз картофеля и томатов, милдью винограда, белая гниль подсолнечника, различные виды ржавчины зерновых культур и др.). Особенно усиливается влияние этого фактора с увеличением температуры.

Влажность воздуха в полевых условиях обычно измеряется при помощи *аспирационного психрометра МВ-4М* (рис.19). Это компактный, точный и наиболее удобный прибор для измерения в нестационарных условиях. Прибор состоит из двух

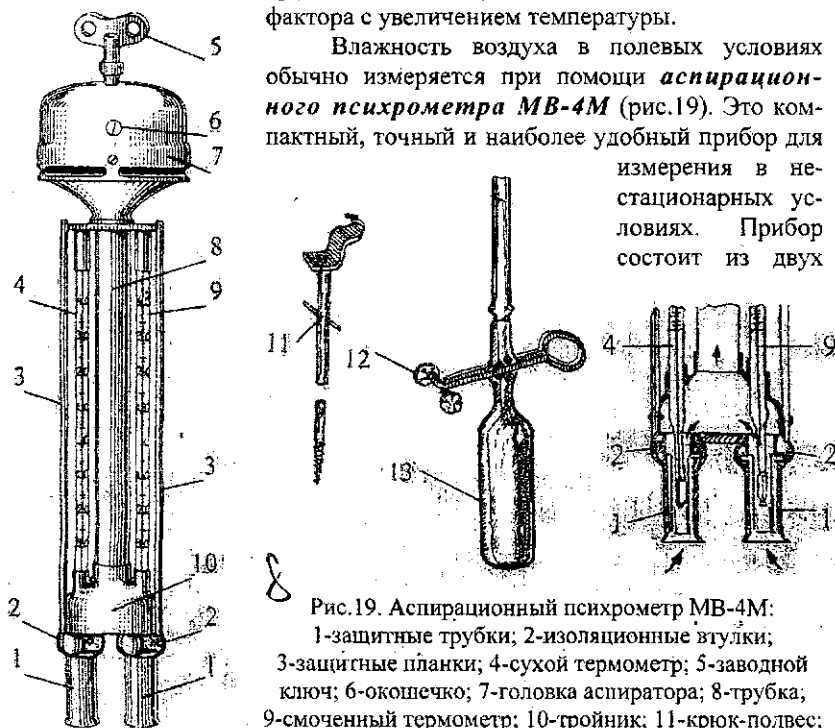


Рис.19. Аспирационный психрометр МВ-4М:  
1-защитные трубки; 2-изоляционные втулки;  
3-защитные планки; 4-сухой термометр; 5-заводной ключ; 6-окошечко; 7-головка аспиратора; 8-трубка;  
9-смоченный термометр; 10-тройник; 11-крюк-подвес;  
12-зажим; 13-резиновая груша

одинаковых ртутных термометров с ценой деления шкалы  $0,2^{\circ}\text{C}$ , укрепленных в специальной оправе в головке аспиратора. Оправа состоит из центральной трубки, которая внизу соединяется с тройником, и боковых защитных планок. К свободным концам тройника крепятся две металлические трубки для защиты резервуаров термометров. Резервуар правого термометра обертывается батистом. Для уменьшения нагрева солнечными лучами центральная трубка и боковые защитные планки никелированы. Верхний конец центральной трубки соединяется с головкой аспиратора. Она состоит из вентилятора и пружинного привода, закрытых пластмассовым колпаком. В верхней части его имеется ключ для завода пружины. Полный завод обеспечивает вращение вентилятора в течение 8...10 мин. При вращении вентилятора в прибор всасывается воздух, который с постоянной скоростью 2 м/с обтекает резервуары термометров, поступает через каналы в тройнике в центральную трубку и выбрасывается вентилятором через отверстия в пластмассовом колпаке аспиратора.

**Волосной гигрометр МВ-1** применяется для определения относительной влажности воздуха. При температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  он является основным прибором для наблюдений за влажностью воздуха. Приемной частью гигрометра (рис.20) служит обезжиренный человеческий волос, натянутый на металлическую рамку. Один конец его закреплен в нижней части регулировочного винта, другой в отверстии металлической дужки. Крепление волоса снизу и сверху производится деревянными штифтами. Стержень и стрелка укреплены на одной оси. Изменение длины волоса в результате изменения влажности воздуха вызывает поворот стрелки вокруг оси и смещение ее свободного конца по шкале с делениями от 0 до 100. Цена деления равна 1 % относительной влажности. Так как волос меняет свою длину неравномерно, то и деления шкалы тоже неравные: в начале шкалы они крупнее, чем в конце.

### Методика проведения исследований

В полевых условиях *психрометр* с помощью деревянного шеста и крюка-шеста (поз.11 рис.19) подвешивается вертикально. Высота распо-

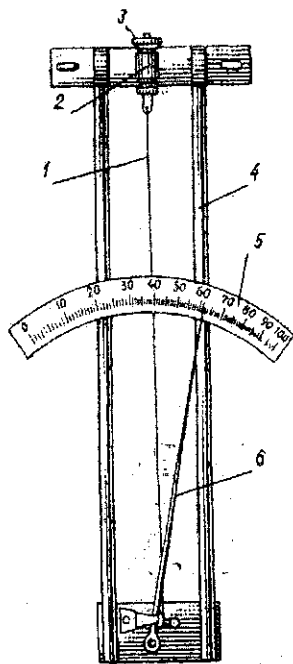


Рис. 20. Гигрометр волосной МВ-1: 1-волос; 2-регулирующий винт; 3-контргайка; 4-рама; 5-шкала; 6-стрелка

ложения психрометра зависит от цели исследований. При скорости ветра более 3 м/с отверстие аспиратора с наветренной стороны прикрывается ветровой защитой. Во время измерений наблюдатель должен встать так, чтобы ветер был направлен от прибора к нему. Одним из условий получения достоверных данных является нахождение прибора до начала наблюдений на месте проведения исследований (летом - 16 мин, зимой - 30 мин).

В летний период батист смачивают дистиллированной водой за 4 минуты до начала отсчета, в зимний - за 30 минут. Смачивание батиста проводят с помощью специальной пипетки с резиновой грушей. Пипетка вставляется во внутреннюю трубку защиты "смоченного" термометра и выдерживается 3...5 с, чтобы батист полностью пропитался водой. При смачивании психрометр должен находиться в вертикальном положении. Сразу же после смачивания батиста заводятся до отказа пружина аспиратора. При этом надо соблюдать особую осторожность, чтобы не сорвать пружину. Так как во время отсчета вентилятор должен работать полным ходом, то зимой за 4 мин до снятия отсчетов вентилятор заводят вторично.

Отсчеты по термометрам производят быстро. Сначала отсчитывают десятые доли, а затем целые градусы.

После наблюдения прибор обязательно протирают. Механизм аспиратора не менее двух раз в год смазывают костным маслом.

**Волосной гигрометр** устанавливают вертикально в психрометрической будке на специальном штативе между сухим и смоченным термометрами. Перед работой показания гигрометра сравнивают с показаниями психрометра. Регулировочным винтом устанавливают стрелку на нужное деление. Волос всегда должен быть чистым.

Для вычисления поправок гигрометра строят график сравнения показаний гигрометра и психрометра. В течение 1...1,5 месяцев до наступления морозов ведут одновременно наблюдения по гигрометру и психрометру и точками наносят данные каждого наблюдения на график. По вертикали откладывают относительную влажность по психрометру, а по горизонтали - относительную влажность по гигрометру. По нанесенным точкам проводят главную линию так, чтобы точки по возможности разделить равномерно по обе ее стороны.

После составления графика регулировка гигрометра не допускается. Сделав отчет по гигрометру, по графику определяют, какому значению влажности воздуха соответствует он по показаниям психрометра. Эту величину и принимают за исправленное значение.

Вместо графика можно практиковать составление таблицы.

### **Назначение и устройство гигрографа**

Гигрограф волосной М-21 предназначен для непрерывной регистрации записи относительной влажности воздуха в течение суток или недели (рис. 22).

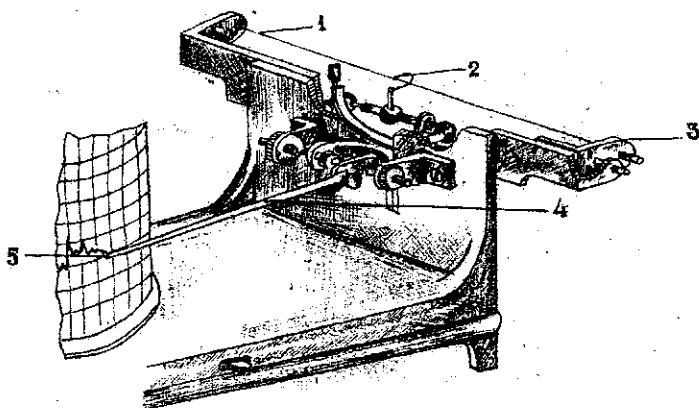


Рис.22. Гигрограф волосной М-21:

1 - пучок обезжиренных волос; 2 - крючок; 3 - кронштейн; 4 - стрелка;  
5 - перо-ковшик

Приемной частью гигрографа является пучок обезжиренных волос, который закрепляется с помощью эбонитовых втулок на металлическом кронштейне. Передающая часть гигрографа представляет собой систему рычагов. Пучок волос за середину откинут крючком, который рычагом соединен со стрелкой и пером.

При изменении влажности воздуха изменяется длина пучка волос и перо-ковшик перемещается вверх или вниз. На ленте вращающегося барабана с часовым механизмом записываются изменения относительной влажности воздуха.

В отличие от термографа перевод стрелки гигрографа может привести к изменению чувствительности прибора, поэтому перевод следует производить лишь в случае крайней необходимости, например при выходе стрелки за пределы шкалы. После перевода стрелки гигрографа необходимо построить новый график сравнения показаний гигрографа и психрометра (рис.23).

Чтобы облегчить отыскивание истинного значения влажности, можно составить особую таблицу и зимой пользоваться не графиком, а таблицей (рис.24, правый нижний угол). В вертикальном левом столбце таблицы приведены десятые доли показаний гигрографа в горизонтальной верхней строчке единицы, на пересечении горизонтальных и вертикальных графы даны значения психрометра.

Отличительной составной частью гигрографа по сравнению с термографом является приёмная часть. У гигрографа это пучок обезжиренных человеческих волос, а у термографа - биметаллическая пластинка. Регист-



рирующая часть этого прибора такая же, как и у термографа (см. лабораторную работу №2).

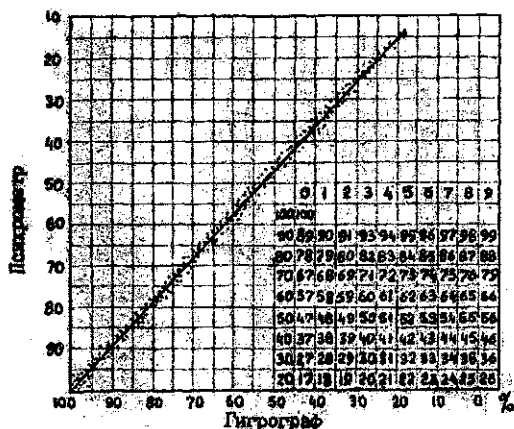


Рис. 23. Определение поправок к показаниям гигрографа

Лента должна плотно прилегать к барабану и по всей окружности касаться его фланца. Крепится она к барабану с помощью специальной скобки.

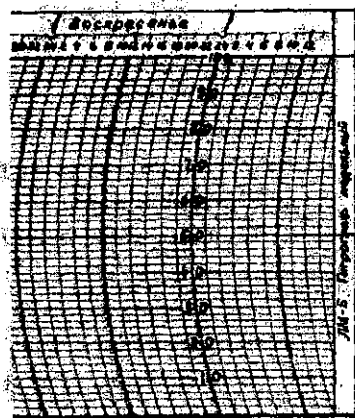


Рис. 24. Фрагмент ленты гигрографа

Если на пучке волос образуются капельки вода или лед, следует слегка постучать по раме или занести прибор в помещение и дать пучку постепенно обсохнуть. Недопустимо прикосновение руками к пучку волос.

Подготовка прибора к работе заключается в следующем. Открывается и поднимается крышка прибора. Снимается с оси барабан с часовым механизмом. Заводится часовой механизм, накладывается на барабан лента ЛМ-5 (рис. 24), на которой отмечаются дата (число, месяц, год) и время установки, а также указывается объект исследования.

вания.

При необходимости следует иголкой или лезвием прочистить перо, а затем заправить его специальными анилиновыми чернилами ЧСП-1, имеющими в своем составе глицерин. Он замедляет высыхание чернил и делает их незамерзающими. Если перо окажется переполненным, лишние чернила следует снять тампоном из ваты.

Барабан с лентой устанавливают на место. Ставят перо на заданное время и соответствующую влажность. Убедившись, что перо оставляет след на ленте, крышку осторожно закрывают.

Если на пучке волос образуются

## Обработка ленты гигрографа

Лента гигрографа обрабатывается графическим методом. Для этого строят график по отсчетам психрометра и отсчетам, снятым с ленты гигрографа. По оси абсцисс откладывают относительную влажность воздуха по гигрографу, по оси ординат - относительную влажность по психрометру (см. рис. 24). По этим точкам на графике проводят линию, по которой и определяют исправленные показания гигрографа. Дальнейшая обработка ленты заключается в том, что, пользуясь графиком, для каждого показания гигрографа, снятого с ленты, находят с точностью до 1% соответствующее ему значение по психрометру и заносят в журнал учета результатов.

### *Контрольные вопросы*

1. В чем заключается основное отличие аспирационного психрометра от стационарного?
2. Как производятся наблюдения за влажностью воздуха при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ?
3. Почему шкала гигрометра имеет неравномерные деления?
4. Почему не рекомендуется часто переводить стрелку гигрографа?
5. Что является приемной частью гигрографа?
6. Назовите основные части гигрографа?
7. Как различают самописцы по времени оборота барабана?

### *Рекомендательный библиографический список*

Зайцев Б.А. и др. Влажность воздуха и ее измерение. - Л.: Гидрометеопиздат, 1974. - 112 с.

Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. - М.: Колос, 2001. - 304 с. (стр. 83-92).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### Снегомерные наблюдения.

#### Определение плотности снега и запасов воды

**Цель работы** - ознакомиться с методикой снегомерных наблюдений, назначением и устройством весового снегомера, принципом его работы; научиться правильно проводить исследования плотности снега и определять запасы воды.

**Задание.** 1. Освоить методику проводимых наблюдений.

2. Ознакомиться с устройством весового снегомера.

3. В отчете о работе привести схему прибора.

4. На двух сравниваемых объектах в трехкратной повторности определить высоту  $H$ , плотность снежного покрова  $q$ , и рассчитать запас воды  $Q_c$ , а также определить толщину слоя воды, который образовался бы, если весь снежный покров растаял. Результаты исследований занести в карточку учета экспериментальных данных (прил.6).

5. Определить высоту снежного покрова по трем постоянным снегомерным рейкам, установленным в полевых условиях.

6. Обработать полученные данные и на их основе сделать заключение.

7. Ответить на контрольные вопросы.

Снежный покров является решающим условием почвенного климата.

Снежный покров обладает слабой теплопроводностью, благодаря чему почва, покрытая снегом, защищена от резких колебаний температуры, а зимующие культуры - от вредного воздействия низких температур. При этом влияние снега тем сильнее, чем он рыхлее и больше его высота. Например, при высоте снежного покрова более 30 см суточная амплитуда колебаний температуры в верхних слоях почвы практически равна нулю, т.е. ход температуры в течение зимы более равномерный, чем на оголённых участках.

При оттепелях снежный покров вследствие плохой теплопроводности препятствует прогреванию почвы и тем самым предохраняет растения от преждевременного пробуждения. В то же время весной он задерживает оттаивание притёртой ледяной корки и верхних слоёв почвы, что замедляет начало возобновления вегетации озимых.

Снежный покров уменьшает глубину промерзания почвы. Одновременно установлено, что снежный покров высотой более 30 см при длительном залегании (более месяца) в тёплые зимы приводит к выпреванию озимых и многолетних трав.

Снежный покров аккумулирует осадки холодного времени года, составляющие на территории России 20...30 % годовой суммы, и весной при таянии часть воды накапливается в почве. Накопление и сохранение влаги на полях зависят от высоты и плотности снежного покрова, глубины и степени промерзания почвы, наличия притёртой ледяной корки, характера весны. Чем выше снежный покров и больше его плотность, тем больше запас воды, содержащийся в нём. Если к моменту таяния снега почва оказывается талой, то значительная часть воды идёт на насыщение почвы влагой, а меньшая — на сток. Если же почва в это время еще промёрзшая, то основная часть воды уходит на сток даже при незначительном уклоне поля (1...3°). Наличие на почве ледяной корки препятствует проникновению в неё талых вод.

Снегомерные наблюдения включают в себя измерение высоты снежного покрова, плотности снега, определение запасов воды в нём, регистра-

цию наличия и толщины ледяной корки, а также слоя воды на почве, состояния поверхности почвы (таялая или мёрзлая), определение степени покрытия поверхности почвы снежным покровом и характера его залегания. Эти сведения представляют большой интерес для ряда отраслей народного хозяйства. Высоту снежного покрова измеряют с помощью переносных реек: М-104 и М-46. Первая изготавливается из дерева в двух вариантах длины: М-104-I - 180 см и М-104-II - 130 см. Вторая металлическая: М-46-I - 150 см и М-46-II - 250 см. Плотность покрова определяют с помощью весового снегомера, запас воды в снеге - по данным плотности и высоты снежного покрова, толщину ледяной корки - с помощью линейки с миллиметровыми делениями. Остальные наблюдения за снежным покровом производят визуально.

Различают следующие основные виды наблюдений за снежным покровом: ежедневные, ландшафтно-маршрутные снегомерные съёмки, специальные снегомерные съёмки.

Рекомендуемые сроки проведения этих наблюдений и их объём приведены в табл.2.

Наблюдения за степенью покрытия поверхности почвы, характером залегания и высотой снежного покрова на станции проводят с момента образований и до полного исчезновения снежного покрова.

Снегомерные съёмки в поле производят тогда, когда снегом покрыто не менее 1/2 видимой окрестности и не менее половины площади участка снегосъёмки. Степень покрытия определяется ежедневно в утренние часы и оценивается по 10-балльной системе (0,1 площади видимой окрестности соответствует одному баллу; если наблюдаются лишь небольшие пятна, покрывающие менее 0,1 поверхности, то ставится 0 баллов). Ежедневно оценивается также характер залегания снежного покрова: равномерный (без сугробов), умеренно равномерный (небольшие сугробы), очень неравномерный (большие сугробы), снег лежит только местами.

С 1965 г. высота покрова измеряется ежедневно в утренние часы по трем постоянным снегомерным рейкам М-103 на метеорологической площадке. Рейки устанавливаются в середине площадки, в вершинах треугольника со сторонами около 10 м и одна у почвенно-глубинных термометров (на постах вблизи осадкомера).

Высоте снежного покрова вычисляется как среднее арифметическое отсчетов по трем рейкам.

Постоянные снегомерные рейки устанавливаются на метеорологической площадке осенью до образования снежного покрова.

После выпадения снега постоянную рейку устанавливать нельзя, так как при этом нарушается снежный покров и дальнейшее его залегание происходит неправильно.

Таблица 2

## Состав и сроки наблюдений за снежным покровом

Вид наблюдений	Снегомерный маршрут / Сроки наблюдений на сети станций и постов				
	Длина, м	Число точек измерения		Информационные (снегомерный и агрометеорологический)	Неинформационные
		высо-ты	плот-ности		
Ежедневные наблюдения					
Определение степени покрытия почвы снежным покровом и характера его залегания	-	-	-	Ежедневно	Ежедневно
Наблюдения за высотой снежного покрова по трем постоянным рейкам на метеорологической площадке	-	-	-	Ежедневно	Ежедневно
Ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки					
Снегомерные съемки: на больших полях (лесная и лесостепная зоны) и в открытой местности (тундра, степь, пустыня)	2000	100	10	Зимой 1 раз в 10 дней; перед началом и во время снеготаяния 1 раз в 5 дней	Зимой 20-го числа каждого месяца; перед началом и во время снеготаяния 1 раз в 10 дней
на полях с забью (станции и посты с агрометеорологическим комплексом наблюдений)	1000	100	10	9, 10, 19, 20-го февраля	То же
в лесу	500	50	5	До 20 января 1 раз в месяц (каждого 20-го числа); далее 1 раз в декаду; во время снеготаяния 1 раз в 5 дней	Зимой 20-го числа каждого месяца; одна снегосъемка для определения максимальных снегозапасов; в период таяния снега 1 раз в 10 дней
* Специальные снегомерные наблюдения					
Снегомерные съемки на полях со снегозадержанием (только на агрометеорологических станциях)	2000	200	10	9, 10, 19, 20-го февраля	-
Контрольные снегомерные съемки (только по указанию УГМС*)	10000	1000	-	1 раз в зиму	1 раз в зиму

Примечание: \*Управление по гидрометеорологии и контролю природной среды.

## Назначение и устройство снегомера ВС-43

С 1922 года для определения плотности снежного покрова стали использовать весовой снегомер.

Походный *весовой снегомер ВС-43* (рис. 26) предназначен для определения плотности снега.

Зная плотность снега, можно легко рассчитать запас воды на единицу площади.

Снегомер состоит из цилиндра высотой 60 см с площадью поперечного сечения 50 см<sup>2</sup>. Нижний край заточен, верхний край закрыт крышкой. На боковой поверхности цилиндра нанесены сантиметровые деления. Нулевое деление совпадает с нижней заточенной кромкой. На цилиндре имеется подвижное кольцо с дужкой, за которую цилиндр можно подвесить на плечо безмена (весов). Если на безмен подвешен цилиндр без снега, то при равновесии штрих на подвижном грузе будет расположен против нулевого деления. Если же в цилиндре имеется снег, то для достижения равновесия передвигаемый груз следует переместить на несколько делений. Каждое деление на линейке соответствует 5 г. Если при достижении равновесия штрих на передвигаемом грузе находится против деления 15, это означает, что масса снега, имеющегося в цилиндре, равна  $5 \times 15 = 75$  г.

В наиболее характерной части поля с разным снежным покровом цилиндр погружают в снег до поверхности земли и отсчитывают по шкале толщину снежного покрова. При этом надо следить за тем, чтобы цилиндр погружался в снег строго вертикально. Верхнее отверстие должно быть закрыто крышкой. Когда цилиндр дойдет до земли, по делениям, нанесенным на наружной стенке цилиндра, отсчитывают высоту снежного покрова, а, следовательно, и высоту снежного столба, вошедшего в цилиндр. Затем специальной лопаткой очищают от снега наружную поверхность цилиндра и подводят под него ту же лопатку, после чего поднимают цилиндр, не отнимая лопатки, и опрокидывают его вместе с взятой пробой снега. Теперь крышка цилиндра служит дном. Цилиндр со снегом за дужку подвешивают на короткое плечо безмена. Передвигая груз, достигают рав-

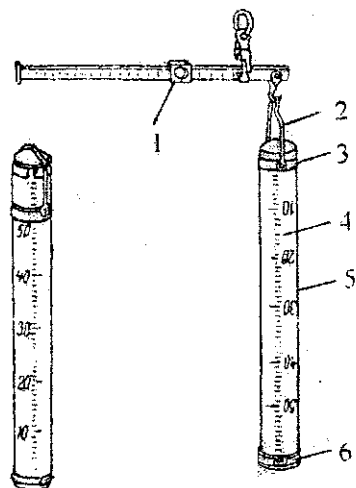


Рис. 26. Весовой снегомер ВС-43:  
1-передвигаемый груз; 2-дужка;  
3-подвижное кольцо; 4-цилиндр;  
5-шкала; 6-крышка

новесия и на длинном плече весов отсчитывают деление, которое показывает метка груза.

Если высота снежного покрова превышает высоту цилиндра, то для определения плотности снега берут в одном и том же месте последовательно две или несколько проб, пока цилиндр не дойдет до земли, и каждую из них взвешивают отдельно

Все полученные отсчеты записывают в карточку наблюдений.

Наблюдения по каждому объекту повторяют от 11 до 30 раз в зависимости от изменчивости мощности снежного покрова. Такое число наблюдений позволяет применить при обработке полученных данных методы вариационной статистики (малая выборка). После проведения снегомерных исследований дается характеристика залегания снежного покрова и характеристика состояния снега на опытном объекте. При этом используются официально действующие в метеорологии классификационные характеристики (табл. 3,4).

Таблица 3

Характеристика залегания снежного покрова

Шифр	Характеристика	
0	Равномерный снежный покров на замершей почве	Без сугробов
1	Равномерный снежный покров на оттаявшей почве	
2	Равномерный снежный покров, состояние почвы не известно	
3	Неравномерный снежный покров на замершей почве	Небольшие сугробы
4	Неравномерный снежный покров на оттаявшей почве	
5	Неравномерный снежный покров, состояние почвы не известно	
6	Очень неравномерный снежный покров на замершей почве	Большие сугробы
7	Очень неравномерный снежный покров на оттаявшей почве	
8	Очень неравномерный снежный покров, состояние почвы неизвестно	
9	Снежный покров с проталинами	

Таблица 4

Характеристика состояния снега

Шифр	Характеристика
0	Свежий снег пылевидный
1	Свежий снег пушистый
2	Свежий снег липкий
3	Старый снег рассыпчатый
4	Старый снег плотный
5	Старый снег влажный
6	Снежная корка, не связанная со снегом под ней
7	Плотный снег с коркой на поверхности
8	Влажный снег с коркой на поверхности
9	Снег, насыщенный водой

## Обработка полученных результатов

Определение плотности снега. Разделив массу снега  $P$  на его объём  $V$ , получают плотность снега,  $g$ ,  $г/см^3$ :

$$g = \frac{P}{V}$$

Объём снега, находящегося в цилиндре,  $V = 50H$  ( $50$  - площадь сечения цилиндра,  $см^2$ ;  $H$  - высота снежного покрова,  $см$ ).

Масса взятой пробы снега  $P = 5A$  ( $5$  - цена наименьшего деления,  $г$ ;  $A$  - число наименьших делений, отсчитанных при взвешивании снега).

Поэтому можно записать:

$$g = \frac{5A}{50H} = \frac{A}{10H}$$

Например, мощность снежного покрова равна  $45$   $см$ , показание безмена при взвешивании пробы равно  $96$  малых делений, следовательно,

$$g = \frac{96}{10 \cdot 45} = 0,21 \text{ г/см}^3.$$

(Плотность снега вычисляют с точностью до сотых долей)

Определение толщины слоя воды. По показаниям весового снегомера определяют в граммах массу воды, которая получится, если вся взятая проба снега растает; объём воды выражается в кубических сантиметрах. Если масса пробы  $5A$ , значит, на каждые  $50 \text{ см}^2$  земной поверхности (сечение цилиндра) приходится  $5A \text{ см}^3$  воды. Разделив полученный объём воды на занимаемую площадь и, умножив результат на  $10$ , получим высоту слоя вода в миллиметрах:

$$\frac{5A}{50} \cdot 10 = A$$

Следовательно, деление, которое мы отсчитываем, на весах, показывает высоту слоя воды, образующегося при полном таянии снега.

10А - Расчет запасов воды. Если на каждые  $50 \text{ см}^2$  приходится  $5A$  граммов воды, то на  $1 \text{ га}$  ( $1 \text{ га} = 100000000 \text{ см}^2$ ) придется  $10000000 A$  граммов, или  $10A$  тонн воды.

### Контрольные вопросы

1. По какой формуле определяется плотность снега?
2. Как устроен весовой снегомер?
3. Как по показаниям весового снегомера определить количество воды в тоннах на  $1 \text{ га}$ , высоту слоя воды в миллиметрах?
4. Почему при морозах снегомер следует охладить, а затем только приступать к измерениям?
5. Как следует поступить, если высота снежного покрова превышает высоту цилиндра снегомера?



## Рекомендательный библиографический список

Копанев И.Д. Метода изучения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 226 с.

Копанев И.Д. Снежный покров на территории СССР. -Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 180 с.

Снег: Справочник/Под общ. ред. Д.М. Грея, Д. Х. Мейла; Пер. с англ. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 750 с.

Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: Колос, 2001. – 304 с. (см.стр.116-121).

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

#### Определение вероятности наступления заморозков

**Цель работы** - ознакомить студентов с методиками расчётов вероятности наступления заморозков.

**Задание.** 1. Ознакомиться с основными положениями методов прогноза заморозка.

2. Определить: точку росы днём и вечером; вероятность заморозка по всем рассматриваемым методам (Михалевского, Михельсона, Каммермана, Лейста, Броунова, Каппелера); вероятную минимальную температуру наступающей ночи. Исходные данные приведены в табл. 5.

Заморозками называют понижение температуры в приземном слое воздуха или почвы до 0°С и ниже на фоне устойчивых положительных среднесуточных температур (в тёплое время года).

По характеру происхождения заморозки бывают адвективные, радиационные и адвективно-радиационные, или смешанные.

Очень сильный вред растениям причиняют весенние и осенние заморозки, особенно в случае, если они наступают поздней весной и ранней осенью. Период между средней датой самых поздних весенних и средней датой самых ранних осенних заморозков называется безморозным периодом/

По степени охлаждения почвы и воздуха заморозки разделяют на слабые 0...-2°С, сильные -2...- 4°С и очень сильные -4...-6°С.

Температуру, ниже которой растения повреждаются или гибнут, называют *критической*. Разным растениям свойственны свои, критические температуры, морозостойкость различных органов одного и того же растения неодинакова. В.Н.Степановым выделено пять групп полевых культур по их устойчивости к заморозкам в различные фазы развития растений при средней продолжительности заморозков 5-6 ч (табл.6).

Таблица 5

Исходные данные к определению вероятности наступления заморозка

Номер варианта*	Температура, °С, по сухому термометру		Температура, °С, по смоченному термометру		Облачность
	13 ч.	21 ч.	13 ч.	21 ч.	
1	10,5	7,0	5,5	3,0	Небо покрыто облаками
2	8,0	5,5	6,0	3,0	То же
3	11,0	8,0	6,3	4,2	То же
4	9,0	6,0	6,4	2,5	То же
5	18,0	14,0	7,5	6,5	То же
6	12,5	6,0	6,7	3,0	То же
7	14,0	10,5	6,9	5,6	Ясно
8	16,3	11,0	7,0	6,6	Ясно
9	17,7	13,0	7,0	6,0	Ясно
10	14,5	10,5	7,0	6,5	Пасмурно
11	17,1	14,7	11,1	10,3	Пасмурно
12	17,3	13,2	10,2	9,1	Небо покрыто облаками
13	17,4	12,7	9,3	8,1	То же
14	17,5	13,9	9,3	7,1	То же
15	17,6	14,9	10,3	9,3	То же
16	18,3	15,1	11,2	10,5	Ясно
17	18,5	13,3	10,3	8,5	То же
18	19,6	14,4	11,7	9,7	То же
19	18,7	12,2	9,9	6,1	То же

\* Номер варианта соответствует порядковому номеру списка студента в журнале преподавателя.

Таблица 6

Классификация сельскохозяйственных культур по их устойчивости к заморозкам в разные фазы развития (по В.Н. Степанову, 1948)

Культура	Критическая температура начала повреждения и частичной гибели, °С		
	Всходы	Цветение	Созревание (молочная спелость)
1	2	3	4
<b>Наиболее устойчивые</b>			
Яровая пшеница	-9...-10	-1...-2	-2...-4
Овес	-8...-9	-1...-2	-2...-4
Ячмень	-7...-8	-1...-2	-2...-4
Горох	-7...-8	-3	-3...-4
<b>Устойчивые</b>			
Люпин многолетний	-6...-8	-3	-3
Люпин узколистный	-5...-6	-2...-3	-3
Бобы, подсолнечник	-5...-6	-2...-3	-2...-4
Лен, конопля	-5...-7	-1...-2	-2...-4
Сахарная свекла	-6...-7	-2...-3	-
Морковь, броква, турнепс	-6...-7	-	-

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
Среднеустойчивые			
Люпин желтый	-4...-5	-2...-3	-
Соя	-3...-4	-2	-2...-3
Редис	-4...-5	-	-
Могар	-3...-4	-1...-2	-
Малоустойчивые			
Кукуруза	-2...-3	-1...-2	-2...-3
Просо, сорго, картофель	-2...-3	-1...-2	-1...-2
Неустойчивые			
Огурцы, томаты	0...-1	0...-1	0...-1
Гречиха	-1...-2	-1	-1,5...-2
Фасоль	-1...-1,5	-0,5...-1	-2
Рис	-0,5...-1	-0,5	-

Из данных таблицы 6 видно, что в начальный период роста растения наиболее устойчивы к заморозкам, за исключением двух последних групп. Слабые и даже сильные заморозки в этот период мало сказываются на урожае. Заморозки в период цветения наиболее опасны, так как заморозкоустойчивость генеративных органов растений меньше, чем вегетативных. В этот период гибель урожая у большинства растений наступает при температуре -1...-3°C, т. е. при слабых заморозках.

Для плодовых и ягодных культур заморозки также наиболее опасны в период цветения и образования завязей (табл. 7).

Таблица 7

Критические температуры для генеративных органов плодовых и ягодных культур

Культура	Генеративные органы	Критическая температура
Виноград	Распустившиеся почки	-1
	Цветки	0
Яблоня, груша, вишня, слива	Закрытые бутоны	-4
	Цветки	-2
	Завязи	-1
Черешня	Бутоны и цветки	-2
	Завязи	-1
Абрикос, персик	Закрытые бутоны	-3
	Цветки	-2
	Завязи	-1
Малина, земляника	Цветки и завязи	-2

Степень заморозкоустойчивости цветков зависит еще и от погодных условий во время их раскрытия. Установлено, что если цветки растений

раскрываются в прохладную погоду, то их критическая температура ниже, чем у распутившихся при высокой температуре. Например, цветки яблони, распутившиеся в прохладную погоду, гибнут при температуре воздуха  $-4^{\circ}\text{C}$ , а цветки плодовых и ягодных кустарников и косточковых культур - при  $-5...-6^{\circ}\text{C}$ .

Снижение урожая вследствие повреждения заморозками при прочих равных условиях (интенсивность, продолжительности и т. д.) бывает различным в зависимости от температуры воздуха до заморозка. Если температура была относительно высокой (для холодостойких культур, например, это более  $10^{\circ}\text{C}$ ), то отрицательные последствия будут больше, если низкой — меньше. Дело в том, что в данном случае сказывается закаливающее адаптационное действие пониженных температур. Закаливающее действие оказывает и амплитуда суточных колебаний температуры до заморозков: чем больше амплитуда, тем сильнее закаливание и меньше ущерб от заморозка.

В то же время, если до заморозка растение развивалось при избытке влаги, то повреждение и снижение урожая в любом случае будут больше.

Степень повреждения растений заморозками зависит и от вида вносимых удобрений. Азотные удобрения у большинства культур снижают устойчивость к заморозкам, а у бобовых - повышают. Обильное калийное питание повышает устойчивость гречихи и картофеля, но снижает ее у кукурузы и сои и т. д.

Разработаны методы, позволяющие определить наступление заморозков. Они связаны с наблюдением за влажностью воздуха и определением точки росы.

**Метод А. Михалевского.** Вторжение арктического воздуха, обуславливающее адвективные и адвективно-радиационные заморозки, хорошо обнаруживается на синоптических картах, которые являются основой для предупреждения о возможности заморозков. В зависимости от местных условий ожидаемые минимальные температуры могут заметно различаться по территории на  $3...5^{\circ}\text{C}$ . Поэтому на агро- и гидрометеостанциях производится некоторое уточнение прогноза с учётом местных условий по формуле Михалевского:

$$t_{\min \text{с}} = t' - (t - t')C \pm A,$$

где  $t_{\min \text{с}}$  - ожидаемая минимальная температура;  $t$  - температура по сухому термометру в 13 ч.;  $t'$  - температура по смоченному термометру в 13 ч.;  $C$  - коэффициент, зависящий от влажности воздуха в 12-13 ч. (находится по табл. 8);  $A$  - поправка на облачность.

Для определения минимальной температуры на поверхности почвы формула имеет вид

$$t_{\min \text{п}} = t' - (t - t')2C \pm A.$$

Значения коэффициента С в формуле Михалевского в зависимости от относительной влажности  $f$  в 12-13 ч.

$f, \%$	С	$f, \%$	С	$f, \%$	С
100	5,0	70	2,0	40	0,9
95	4,5	65	1,8	35	0,8
90	4,0	60	1,5	30	0,7
85	3,5	55	1,3	25	0,5
80	3,0	50	1,2	20	0,4
75	2,5	45	1,0	15	0,3

Если рассчитанные значения  $t_{min \text{ в}}$  или  $t_{min \text{ н}}$  ниже  $-2^\circ\text{C}$ , то заморозок будет. Если они лежат в пределах от  $-2$  до  $+2^\circ\text{C}$ , то заморозок вероятен, при  $t_{min \text{ в}}$  выше  $+2^\circ\text{C}$  заморозок маловероятен.

Корректировка прогноза заморозка производится в 21 ч. по облачности. Если небо ясное, то ожидаемая минимальная температура, рассчитанная по формуле, уменьшается на  $2^\circ\text{C}$  ( $A=-2$ ). При облачности 4...7 баллов поправка не вводится ( $A=0$ ). При пасмурном небе ожидаемая минимальная температура увеличивается на  $2^\circ\text{C}$  ( $A=+2$ ).

Например,  $t=7^\circ\text{C}$ ,  $t'=3,6^\circ\text{C}$ ,  $f=52\%$ , в 21 ч. ясно. По табл.8 при  $f=50\%$   $C=1,2$ . Подставляем значения в формулу и вычисляем:

$$t_{min \text{ в}} = 3,6 - (7,0 - 3,6)1,2 = -0,5^\circ\text{C}.$$

Уменьшаем полученную величину на  $2^\circ\text{C}$ , получаем  $t_{min \text{ в}} = -2,5^\circ\text{C}$ . Соответственно на поверхности почвы минимальная температура  $t_{min \text{ н}} = -4,6^\circ\text{C}$ , с уточнением в 21 ч.  $t_{min \text{ н}} = -6,6^\circ\text{C}$ .

**Правило профессора В.А.Михельсона.** Если в 21 ч. точка росы упадет ниже  $+2^\circ\text{C}$ , то при ясном небе и безветрии можно ожидать заморозков. Метод является предположительным, так как точка росы для ночи непостоянна.

**Метод Каммермана.** По методу Каммермана разность между температурой смоченного термометра  $t'$  и минимальной температурой наступающей ночи  $t_{min}$  есть величина приблизительно постоянная (К):  $t_{min} = t' - K$ . Зная эту постоянную, можно определить минимальную температуру наступающей ночи, а следовательно, предугадать наступление заморозка.

Значение К для континентальных областей России приблизительно равно:

	В 13 ч.	В 21 ч.
в ясные дни.....	$5^\circ\text{C}$	$3^\circ\text{C}$
в пасмурные дни.....	$3^\circ\text{C}$	$2^\circ\text{C}$

**Метод Э.Е. Лейста.** Этот метод основан на показаниях смоченного термометра в 13 или 21 ч. Чтобы получить минимальную температуру бли-

жайшей ночи, следует из показания смоченного термометра в 13 или 21 ч. вычесть соответствующую поправку, взятую из табл. 9.

Таблица 9

Поправки к определению минимальной температуры, °С

Месяц	13 ч.	21 ч.
Апрель	3,5	1,9
Май	3,7	2,4
Июнь	3,5	2,3
Июль	3,2	2,3
Август	2,9	1,8
Сентябрь	2,6	1,5

Полученную минимальную температуру на высоте 2 метра, ожидаемую ближайшей ночью, следует привести к уровню земной поверхности путем введения поправки, которую определяют для данного места с учетом облачности, относительной влажности и температуры. Этот метод весьма приблизительный.

**Метод профессора П.И. Броунова.** По наблюдениям за температу-

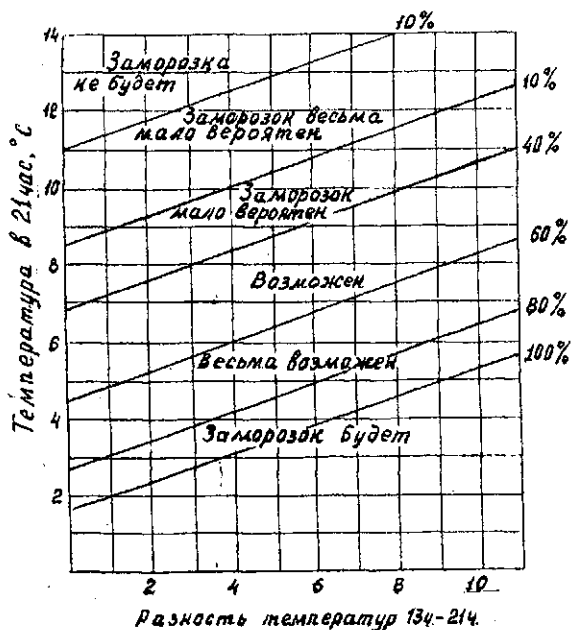


Рис.27. График проф. П.И. Броунова для определения вероятности наступления заморозка

рой в 13 и 21 ч. можно предсказать заморозок. Вероятность заморозка (в процентах) определяется по графику (рис. 27), где по горизонтальной оси (оси абсцисс) отложена разность температур в 13 и 21 ч., а по вертикальной оси (оси ординат) — температура в 21 ч. На наклонных линиях обозначен процент вероятности наступления заморозков. Если, например, в 13 ч. температура была 13°C, а в 21 час - 7°C, то разность составит 6°C. На оси ординат находим температуру 7°C (в 21 ч.) и через эту точку проводим горизонтальную линию. На оси абсцисс находим температуру 6°C (разность) и через эту

точку проводим вертикальную линию. Точка пересечения и будет вероятность возникновения заморозка. В нашем примере 60%. Метод проф. П.И. Броунова является предположительным, так как построен по одному фактору - температуре.

**Метод Каппелера.** На основании показаний сухого и смоченного термометров Каппелер составил таблицу предсказания заморозков. Чем воздух суше, т.е. больше разность показаний сухого и смоченного термометров у психрометра, тем больше опасность появления заморозков.

Таблица 10

Определение вероятности наступления заморозка

Показание сухого термометра	Показания смоченного термометра, °C								
	15	13	11	9	7	5	3	1	0
15									
13									
11									
9									
7									
5									
3									
1									

Примечание. Принятые обозначения:  - заморозка не будет;



- заморозок возможен;



- заморозок будет.

Если день был теплый и в воздухе содержалось мало водяных паров, т.е. влажность воздуха была небольшая, то при понижении температуры в переходные периоды (осенью, весной и в начале лета) в центральных рай-

онах европейской части России возможны заморозки. Например, вечером 2 июня температура сухого термометра была 10°C, а температура смоченного 5°C. Согласно табл.10 эти данные соответствуют квадратику, заштрихованному справа налево, что означает - заморозок будет.

### **Контрольные вопросы**

1. Когда возникают заморозки и какие они бывают?
2. Какую температуру называют критической?
3. Какими методами проводят прогноз заморозков?

### **Рекомендательный библиографический список**

Гольберг И.А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР. - Л.: Наука, 1967.- 222 с.

Лосева А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология. – М.: Колос, 2001. – 304 с. (см. стр. 213-225).

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8**

### **Расчет (прогноз) сроков созревания зерновых культур**

**Цель работы** - ознакомить студентов с методиками расчёта сроков созревания зерновых культур.

**Задание.** 1. Ознакомиться с основными положениями методов проведения расчёта и составления прогноза сроков созревания зерновых культур.

2. Рассчитать дату наступления восковой спелости озимой ржи для Вельского района Архангельской области, если фаза колошения наступила 15 июня, а по долгосрочному прогнозу погоды температура воздуха в июле - августе будет в норме.

3. Определить по приложению 7 сумму эффективных среднесуточных температур для озимой ржи от фазы колошения до фазы восковой спелости.

4. Выписать из приложения 9 среднюю многолетнюю дату начала фазы восковой спелости озимой ржи для Вельского района Архангельской области.

5. Определить среднюю многолетнюю суточную температуру воздуха за период от фазы колошения до средней многолетней даты начала фазы восковой спелости озимой ржи в этом районе. (Данные для этого взять с приложения 8).

6. Подставить полученные данные в формулу расчета восковой спелости и выполнить соответствующие расчеты.



Своевременный расчет (прогноз) сроков созревания зерновых культур имеет большое практическое значение. Он в первую очередь дает возможность своевременно подготовить уборочные машины и транспортные средства, а также правильно распределить их на весь срок проведения уборочных работ.

Дата наступления восковой спелости зерновых культур является началом сбора урожая (скашивания в валки), а дата наступления полной спелости – началом непосредственного комбайнования или обмолота сухих валков.

Для расчета времени наступления восковой спелости зерновых культур необходимы следующие данные:

а) сумма эффективных среднесуточных температур (константы) за период развития зерновых культур от колошения до восковой спелости;

б) дата массового начала фазы колошения того года, для которого ведется расчет;

в) среднесуточная температура воздуха за период от колошения до восковой спелости.

Дату начала восковой спелости зерновых культур ( $D$ ) определяют по формуле:

$$D = D_1 + \frac{\sum t_e}{t_{\sigma} - 5},$$

где  $D_1$  – фактическая дата начала колошения;

$\sum t_e$  – сумма эффективных температур за период колошения – восковой спелости;

$t_{\sigma}$  – средняя многолетняя суточная температура воздуха за данный период (берут с приложения 8) или температура, которую ожидают по долгосрочному прогнозу погоды.

Учитывая, что за период от восковой до полной спелости зерновых культур происходит высыхание зерна и соломы, прогноз сроков полной спелости зерновых культур базируется на определении показателя скорости высыхания зерновых культур (на пне или в валках), в зависимости от влажности воздуха.

Для того, чтобы определить окончание процесса высыхания зерна, т.е. того момента, когда влажность его составит 16 – 18%, необходимо знать среднесуточный дефицит влажности воздуха и по приложению 10 рассчитать среднюю суточную скорость просыхания зерновых. Сумма среднесуточной скорости просыхания равная 100% является показателем полной спелости зерновых культур, т.е. они подлежат обмолоту.

В зависимости от того, в какой почвенно-климатической зоне расположено хозяйство, для которого составляется прогноз полной спелости

зерновых культур, расчет скорости просыхания зерновых производится по-разному. Для степных районов – по данным для сухой зоны, лесостепных – в зависимости от погодных условий. Если ожидается сухая погода, то расчет ведется по данным для сухой зоны, если же погода будет влажная – по данным для влажной зоны.

### Пример для расчета:

Допустим, нам необходимо определить дату начала восковой спелости яровой пшеницы Диамант в день ее колошения (~~10 июля~~<sup>10 июля</sup>) для Шенкурского района Архангельской области. Исходные данные: сумма эффективных среднесуточных температур для яровой пшеницы Диамант от фазы колошения до фазы восковой спелости ( $\sum t_e$ ) составит 490 (см. приложение 7); средняя многолетняя дата начала фазы восковой спелости – 20 августа (берется из приложения 9); средняя суточная температура воздуха для периода от 10 июля до 20 августа (42 дня) составляет 16,3°C. Для того, чтобы определить эту температуру, необходимо иметь данные о среднедекадной температуре воздуха летних месяцев. Согласно данным агроклиматического справочника она составляет в: 1 декаде июля 17,1°C; 2 декаде июля – 17,4°C; 3 декаде июля – 17,2°C; 1 декаде августа – 16,1°C; 2 декаде августа – 14,2°C.

Рассчитаем сначала сумму среднесуточных температур с 10 июля по 20 августа. Для этого количество дней в данной декаде умножаем на среднесуточную температуру этой декады. В связи с тем, что колошение наступило 10 июля, при расчётах в 1 декаде этого месяца берём 1 день и умножаем на 17,1°C, а для 2 декады августа – 10 дней.

Таким образом, за весь период сумма среднесуточных температур составит:

$$17,1^{\circ} \cdot 1 + 17,4^{\circ} \cdot 10 + 17,2^{\circ} \cdot 11 + 16,1^{\circ} \cdot 10 + 14,2^{\circ} \cdot 10 = 683,3^{\circ}$$

Средняя суточная температура за этот период составит:

$$683,3^{\circ} : 42 \text{ дня} = 16,3^{\circ}$$

Полученные данные подставляем в формулу определения даты начала восковой спелости зерновых культур и выполним расчёт:

$$D = 10.07 + \frac{490}{16,3^{\circ} - 5} = 10.07 + 43 \text{ дня} = 21.08.$$

Таким образом, восковую спелость яровой пшеницы в этом году следует ожидать 21 августа.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Карточка учёта результатов наблюдений температуры

Дата и время наблюдений	Объект исследования	Температура окружающей среды, °С	Температура поверхности почвы, °С			Температура почвы, °С, на глубине, см		
			срочная	максимальная	минимальная	5	10	20

Наблюдения проводил(а) студент(ка) II курса \_\_\_\_\_ группы  
(ФИО).

### Приложение 2

#### Результаты статистической обработки исходных данных

Классы $x_i$	Численность $n_i$ , шт.	$x_i \cdot n_i$	$x_i - M$	$(x_i - M)^2$	$(x_i - M)^2 \cdot n_i$

Формулы для вычислений:

$$M = \frac{\sum x_i}{\sum n}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{\sum n - 1}}; \quad m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{\sum n}}$$

$$C = \frac{\sigma}{M} \cdot 100; \quad P = \frac{m_M}{M} \cdot 100; \quad t = \frac{M}{m_M}$$

### Приложение 3

#### Карточка учёта результатов исследований скорости ветра

Повторность наблюдений	Отсчёт анемометра		Разность $K_2 - K_1$	Число		Скорость ветра, м/с
	первый $K_1$	второй $K_2$		секунд	делений счётчика в секунду	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Шкала для визуальной оценки силы ветра  
(эквивалентной скорости на высоте 10 м)

Сила ветра, баллы	Характеристика	Скорость ветра, м/с	Округленная скорость ветра, км/ч	Признаки для определения силы ветра
0	Штиль	0...0,2 (0)	0...1 (0)	Дым поднимается отвесно или почти отвесно; вымпел и листья на деревьях неподвижны
1	Тихий ветер	0,3...1,5 (1)	1...5 (3)	Колышутся отдельные листья; дым поднимается наклонно, указывая направление ветра
2	Лёгкий ветер	1,6...3,3 (3)	6...11 (8)	Ощущается легкое дуновение; слегка колеблются флаги и вымпелы; листья временами шелестят
3	Слабый ветер	3,4...5,4 (5)	12...19 (15)	Листья и тонкие ветви деревьев постоянно колыхнутся; высокая трава и посевы хлебов начинают колебаться; ветер развивает флаги и вымпелы
4	Умеренный ветер	5,5...7,9 (7)	20...28 (24)	Ветер приводит в движение тонкие ветви деревьев, поднимает с земли пыль; по высокой траве и посевам пробегает волны; вытягивается вымпел
5	Свежий ветер	8,0...10,7 (9)	29...38 (33)	Качаются ветви и тонкие стволы деревьев; вытягиваются большие флаги
6	Сильный ветер	10,8...13,8 (12)	39...49 (44)	Качаются толстые сучья деревьев, шумит лес; высокая трава и посевы временами ложатся на землю; гудят телеграфные провода

## Продолжение приложения 4

Сила ветра, баллы	Характеристика	Скорость ветра, м/с	Округленная скорость ветра, км/ч	Признаки для определения силы ветра
7	Крепкий ветер	13,9...17,1 (15)	50...61 (55)	Качаются стволы деревьев, гнутся большие ветви и сучья; ходьба против ветра заметно затруднена; слышится свист ветра около строений и неподвижных предметов
8	Очень крепкий ветер	17,2...20,7 (19)	62...74 (68)	Качаются большие деревья, ломаются тонкие и сухие сучья; движение против ветра заметно задерживается; шум прибоя волн на побережье больших озер и морей слышен на значительном расстоянии
9	Шторм	20,8...24,4 (23)	75...88 (81)	Наблюдаются небольшие повреждения строений; ломаются большие сучья деревьев; сдвигаются с места легкие предметы
10	Сильный шторм	24,5...28,4 (27)	89...102 (95)	Наблюдаются разрушения; некоторые деревья могут быть сломаны
11	Жестокий шторм	28,5...32,6 (31)	103...117 (110)	Ветер производит значительные разрушения, ломает стволы деревьев
12	Ураган	Свыше 33	Свыше 117	Наблюдаются катастрофические разрушения; деревья вырываются с корнями

Примечание. В скобках приведены значения средней скорости ветра.

Карточка учёта результатов исследований по определению влажности воздуха

Повторность наблюдений	Температура воздуха, °С, по термометрам		Разница температур, °С	Характеристика влажности воздуха			
	сухому	смоченному		абсолютная а, г/м <sup>3</sup>	относительная f, %	дефицит влажности, d	точка росы, τ
1							
2							
3							

Характеристика объекта исследований \_\_\_\_\_

Исследования выполнены (число, месяц, год, час) \_\_\_\_\_

Наблюдения проводил(а) студент(ка) II курса \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_ (ФИО)

Приложение 6

Карточка учёта результатов исследований

Дата \_\_\_\_\_ Район наблюдений \_\_\_\_\_

Повторность наблюдений	Высота снежного покрова, см		Отсчёт по шкале безмена	Плотность снега, г/см <sup>3</sup>	Запас воды	
	по рейке	по шкале цилиндра			мм	т/га
Поля с озимыми и многолетними травами						
1						
2						
3						
среднее						
Сельскохозяйственные поля (контроль)						
1						
2						
3						
среднее						

Наблюдения проводил(а) студент(ка) II курса \_\_\_\_\_ группы  
 \_\_\_\_\_ (ФИО)

Приложение 7

Сумма эффективных температур от фазы колошения до фазы наступления  
 восковой спелости

Зерновые культуры	Сорт культуры	Сумма эффективных температур, °С
Озимая рожь	Все сорта	544
Яровая пшеница	Гарнет, Лютесценс 62, Диамант	490
Овёс	Золотой дождь и другие	428
Ячмень	Винер	410
Кукуруза	Скороспелые	1160
	Среднеспелые	1260
	Позднеспелые	1400

Средняя декадная температура воздуха (град.)

Название станции	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Мезень	1.2	3.2	5.3	7.6	10.0	12.2	13.4	13.9	13.9	13.2	11.8	10.2	8.1	6.5	4.5
2. Пинега	3.2	5.3	7.3	9.7	11.8	13.6	15.2	15.6	15.6	14.7	12.7	11.0	9.0	7.1	5.0
3. Архангельск	3.1	5.1	7.1	9.5	11.7	13.8	14.9	15.4	15.3	14.5	13.0	11.3	9.4	7.4	5.6
4. Емецк	4.6	6.4	8.5	10.9	13.0	14.9	16.0	16.4	16.2	15.0	13.2	11.5	9.8	7.8	5.7
5. Яренск	5.3	7.4	9.5	11.8	13.8	15.7	16.7	16.9	16.6	15.6	13.8	11.9	9.9	7.6	5.2
6. Шенкурск	6.4	8.4	10.1	12.0	13.9	15.7	17.1	17.4	17.2	16.1	14.2	12.5	10.4	8.3	6.2
7. Няндома	5.4	7.6	9.5	11.5	13.2	15.0	16.2	16.5	16.3	15.3	13.3	11.5	9.6	7.6	5.5
8. Котлас	6.4	8.5	10.3	12.4	14.3	16.2	17.2	17.6	17.4	16.5	14.6	12.5	10.6	8.4	6.2
9. Вельск	7.1	9.1	11.0	12.8	14.4	16.0	17.2	17.5	17.2	16.3	14.5	12.8	10.6	8.5	6.4
10. Коноша	6.3	8.2	9.9	11.6	13.1	14.9	16.0	16.5	16.4	15.4	13.7	12.1	9.9	7.8	5.4



## Даты наступления фаз развития зерновых культур

Название станции	Всходы	Колошение	Цветение	Восковая спелость
Озимая рожь				
1. Пинега	1.09	26.06	10.07	20.08
2. Холмогоры	25.08	21.06	5.07	7.08
3. Емецк	3.09	20.06	4.07	10.08
4. Яренск	2.09	20.06	5.07	9.08
5. Шенкурск	19.08	14.06	28.06	2.08
6. Вельск	20.08	15.06	27.06	29.07
Яровая пшеница				
1. Емецк	5.06	16.07	23.07	29.08
2. Яренск	3.06	12.07	21.07	22.08
3. Шенкурск	3.06	10.07	20.07	20.08
4. Вельск	28.05	8.07	16.07	13.08
Ячмень				
1. Мезень	10.06	22.07		27.08
2. Пинега	9.06	17.07		20.08
3. Емецк	4.06	12.07		11.08
4. Яренск	3.06	12.07		15.08
5. Шенкурск	27.05	8.07		27.07
6. Вельск	28.05	10.07		11.08
Овёс				
1. Емецк	2.06	17.07		24.08
2. Яренск	4.06	18.07		23.08
3. Шенкурск	31.05	12.07		19.08
4. Вельск	25.05	8.07		13.08

## Скорость просыхания зерновых

Среднесуточный дефицит влажности воздуха, мбар	Процент высухания	
	сухая зона	влажная зона
20	1,6	2,3
19	15,5	22,0
18	15,0	21,5
17	14,5	20,8
16	14,0	20,0
15	13,5	19,2
14	13,0	18,5
13	12,5	17,7
12	12,0	17,0
11	11,5	16,1
10	11,0	15,3
9	10,5	14,2
8	9,8	13,2
7	9,0	12,2
6	8,5	11,2
5	7,5	10,0
4	7,0	8,7
3	6,0	7,3
2	5,0	6,0

## Содержание

Лабораторная работа №1. Определение температуры воздуха и почвы термометрами.....	4
Лабораторная работа №2. Определение температуры воздуха термографом.....	15
Лабораторная работа №3. Определение освещенности в агрофитоценозах.....	19
Лабораторная работа №4. Определение скорости ветра.....	22
Лабораторная работа №5. Определение влажности воздуха.....	27
Лабораторная работа №6. Снегомерные наблюдения. Определение плотности снега и запасов воды.....	33
Лабораторная работа №7. Определение вероятности наступления заморозков.....	40
Лабораторная работа №8. Расчет (прогноз) сроков созревания зерновых культур. ....	47
Приложения .....	50