

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА им. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Институт агrobiотехнологии
Кафедра метеорологии и климатологии

А.И. Белолубцев

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Рабочая тетрадь

Москва 2024

Агрометеорология: Рабочая тетрадь / Белолобцев А.И., М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2024. 33 с.

В рабочей тетради изложен учебный материал для практических занятий по дисциплине «Агрометеорология».

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки:

35.03.05 Садоводство,

Направленность: Плодоводство и виноградарство; Декоративное садоводство и флористика; Производство продукции овощных, лекарственных и эфиромасличных растений; Селекция, генетика и биотехнология садовых культур.

35.03.10 Ландшафтная архитектура,

Направленность: Ландшафтное проектирование и дизайн, Ландшафтное строительство и инженерия, Озеленение урбанизированных территорий

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института садоводства и ландшафтной архитектуры (протокол № 5/2 от 28.03. 2024 г.).

© Белолобцев А.И.,
составитель, 2024

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
им. К.А. Тимирязева, 2024

© Издательство РГАУ-МСХА, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----|--|----|
| 1 | ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 2 | Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины | 5 |
| 3 | Работа 1. Измерение солнечной радиации (пиранометр) | 6 |
| 4 | Работа 2. Измерение солнечной радиации (альбедометр походный) | 7 |
| 5 | Работа 3. Измерение температуры почвы (термометры: срочный, минимальный, максимальный, коленчатые, походный, вытяжные) | 9 |
| 6 | Работа 4. Измерение температуры воздуха (термометры: психрометрический, минимальный, максимальный) | 11 |
| 7 | Контрольные вопросы 1 | 14 |
| 8 | Работа 5а. Измерение влажности воздуха (психрометр стационарный) | 15 |
| 9 | Работа 5б. Измерение влажности воздуха (психрометр аспирационный) | 16 |
| 10 | Работа 6. Измерение влажности воздуха (гигрометр волосной) | 17 |
| 11 | Работа 7. Измерение осадков (осадкомер Третьякова) | 19 |
| 12 | Работа 8. Измерение плотности снега и запасов воды (весовой снегомер, маршрутная снегомерная рейка) | 21 |
| 13 | Работа 9. Измерение давления воздуха (барометр - aneroid) | 23 |
| 14 | Работа 10. Измерение скорости и направления ветра (флюгер Вильда, анемометр) | 25 |
| 15 | Контрольные вопросы 2 | 28 |
| 16 | Работа 13. Прогноз заморозков (по способу Михалевского) | 29 |
| 17 | Работа 14. Расчет запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода | 30 |
| 18 | Работа 15. Расчет дат наступления фаз развития растений | 31 |
| 19 | Работа 16. Расчет урожая зерна кукурузы | 32 |
| 20 | Контрольные вопросы 3 | 33 |
| 21 | Приложения | 34 |

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы, связанные с правильной оценкой и учетом факторов внешней среды, приемов их оптимизации, а также особенностей адаптивных реакций различных культурных растений на их изменения, приобрели в настоящее время особую актуальность. Решение этих проблем в современных условиях существенного роста экстремальности климата и всё возрастающей климатической составляющей в обеспечении безопасного функционирования ландшафтов имеет большое значение.

Целью практического курса по дисциплине «Агрометеорология» является закрепление у студентов (бакалавров) теоретических знаний, приобретение умений и навыков в области природопользования для учета лимитирующих факторов погоды и климата, а также определения их влияния на объекты и процессы экосистем различного характера.

Основная задача курса и данной Рабочей тетради – познакомиться с современными методами оценки, учета и анализа метеорологических и агрометеорологических факторов, а также их сочетаний, на примере использования основных метеоприборов и простейших методик наблюдений к ним.

В Рабочей тетради, составленной в соответствии с Методическими указаниями по «Агрометеорологии», изложен общий порядок и правила выполнения лабораторных работ. В ней даны название и назначение метеорологических приборов, их устройство и принцип работы, правила установки и схемы с обозначением основных узлов и деталей. В каждой работе даны задачи и перечислены вопросы, которые помогут студентам проверить свои знания и лучше освоить курс. Контрольные вопросы в конце каждого раздела дисциплины предназначены для самостоятельной подготовки к текущей и промежуточной аттестации.

При выполнении заданий Рабочей тетради студенты (бакалавры) используют текущие значения метеорологических элементов, полученные самостоятельно на учебной площадке кафедры и данные метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона. Выполненная работа сдается преподавателю.

Рекомендованная литература:

1. Грингоф И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство/ И.Г. Грингоф, В.Н. Павлова. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013.
2. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 1. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.
3. Журина Л.Л. Агрометеорология/ Л.Л. Журина, А.П. Лосев. – С-Пб.: Квадро, 2012.
4. Лебедева В.М., Страшная А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ФГБУ «ВНИИСХМ-МЦД», 2012. – 216 с.
5. Глухих, М.А. Агрометеорология : учеб. пособие [Электронный ресурс]/ М.А. Глухих. – СПб.: Лань, 2015. – 208с. // Электронно-библиотечная система «Издательства «Лань». – Режим доступа http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=60034

Перечень вопросов
для самостоятельного изучения дисциплины*

| № п/п | № раздела и темы | Перечень вопросов для самостоятельного изучения |
|--------------|--|--|
| 1 | Раздел 1. «Земная атмосфера как среда сельскохозяйственного производства. Тепловые процессы» | |
| 2 | Тема 1 | Строение и свойства атмосферы Земли. Состав атмосферы Земли и других планет. Современные изменения в газовом составе. Проблемы «озоновых дыр» и парникового эффекта. Загрязнения атмосферы. |
| 3 | Тема 2 | Строение Солнца. Лучистая энергия. Спектральный состав и его биологическое значение. |
| 4 | Подготовка к контрольной работе 1 | |
| 5 | Раздел 2. «Атмосферная и почвенная влага. Циркуляция атмосферы. Неблагоприятные (опасные) агрометеорологические явления» | |
| 7 | Тема 4 | Влагооборот. Конденсация и сублимация водяного пара. Ядра конденсации. Продукты конденсации. |
| 8 | Тема 5 | Глобальные воздушные течения. Пассаты. Муссоны. Местные ветры. |
| 9 | Подготовка к контрольной работе 2 | |
| 10 | Раздел 3. «Основы климатологии. Агроклиматическое обеспечение сельскохозяйственного производства» | |
| 11 | Тема 7 Тема 8 | Современное представление о климате. Климаты Земли. Современные изменения и колебания климата Земли. Естественные и антропогенные факторы изменения климата. Природа парникового эффекта. Парниковые газы и аэрозоли. Киотский протокол. Влияние изменений климата на состояние природной среды и природопользование. |
| 12 | Подготовка к контрольной работе 3 | |
| ИТОГО | | |

**примечание:* в раздел самостоятельного изучения дисциплины входит решение задач, ответы на вопросы (письменно) изучение и обозначение рисунков по каждой практической работе или разделу.

Работа 1

Измерение солнечной радиации (пиранометр)

Задание:

1. Провести измерения рассеянной и суммарной радиации пиранометром.
2. Рассчитать прямую радиацию, поступающую на деятельную поверхность.
3. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Измерение солнечной радиации пиранометром

| Место нуля гальванометра | | | Рассеянная радиация (с экраном) | | | Суммарная радиация (без экрана) | | |
|--------------------------|---------|--------------------------|---------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|-------|
| N_0' | N_0'' | $\frac{N_0' + N_0''}{2}$ | N_1 | N_2 | N_3 | N_4 | N_5 | N_6 |
| | | | | | | | | |

Таблица 1.2

Расчет рассеянной и суммарной солнечной радиации

| Рассеянная радиация (D) | | Суммарная радиация (Q) | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| $\frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}$ | | $\frac{N_4 + N_5 + N_6}{3}$ | |
| $\pm \Delta N$ | | $\pm \Delta N$ | |
| $-\frac{N_0' + N_0''}{2}$ | | $-\frac{N_0' + N_0''}{2}$ | |
| Сумма | | Сумма | |
| Переводной множитель (K) | | Переводной множитель (K) | |

Радиация, Вт/м²

Рассеянная (D) _____

Суммарная (Q) _____

Прямая (S') _____

Задача: отсчет по гальванометру при работе с экраном равен 10 делений, без экрана - 35 делений, переводной множитель $K = 10 \text{ Вт/м}^2$. Определить приход прямой радиации на горизонтальную поверхность (S')

Задача: прямая радиация, измеренная актинометром $S = 200 \text{ Вт/м}^2$, рассеянная радиация $D = 100 \text{ Вт/м}^2$, высота солнца над горизонтом $h = 30^\circ$. Найти суммарную радиацию (Q).

Вопросы:

1. Каков принцип действия термоэлектрического пиранометра?
2. Как записывается уравнение радиационного баланса днем в ясную и пасмурную погоду, ночью?
3. Какова роль солнечной радиации как незаменимого фактора среды обитания?

Работа 2

Измерение солнечной радиации (альбедометр походный)

Задание:

1. Произвести измерение отраженной и суммарной радиации альбедометром.
2. Рассчитать альbedo деятельной поверхности.
3. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

Измерение солнечной радиации альбедометром

| Место нуля гальванометра | | | Суммарная радиация (Q) | | | Отраженная радиация (R _к) | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| N ₀ ' | N ₀ '' | $\frac{N_{0'} + N_{0''}}{2}$ | N ₁ | N ₂ | N ₃ | N ₄ | N ₅ | N ₆ |
| | | | | | | | | |

Таблица 2.2

Расчет суммарной и отраженной радиации

| Суммарная радиация (Q) | | Отраженная радиация (R _к) | |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|--|
| $\frac{N_1 + N_2 + N_3}{3}$ | | $\frac{N_4 + N_5 + N_6}{3}$ | |
| $\pm \Delta N$ | | $\pm \Delta N$ | |
| $-\frac{N_0' + N_0''}{2}$ | | $-\frac{N_0' + N_0''}{2}$ | |
| Сумма | | Сумма | |
| Переводной множитель (K) | | Переводной множитель (K) | |

Радиация, Вт/м²:

Отраженная (R_к) _____

Суммарная (Q) _____

Альbedo (A = (R_к / Q) x 100%) _____

Задача: альbedo подстилающей поверхности A=30 %, суммарная радиация Q = 300 Вт/м²
Чему равна величина поглощенной радиации?

Задача: суммарная радиация Q = 200 Вт/м², отраженная коротковолновая радиация R_к = 50 Вт/м². Чему равна поглощательная способность такой поверхности?

Вопросы:

1. Какие естественные поверхности имеют наибольшее и наименьшее альbedo?
2. Как регулировать альbedo сельскохозяйственных угодий?

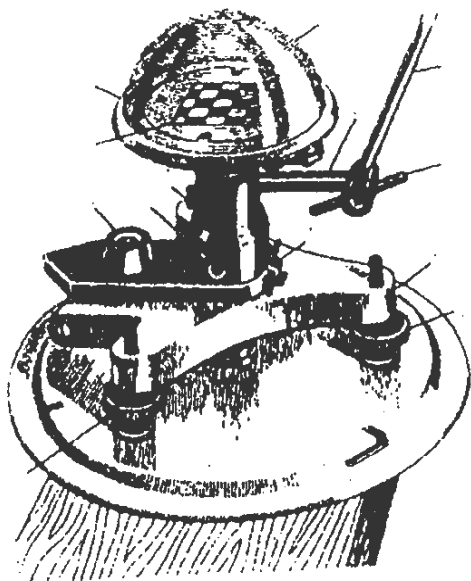


Рис. Термоэлектрический пирометр М-80М:
 1 - установочные винты; 2 - уровень; 3, 10 - винты; 4 - стойка;
 5 - термобатарея; 6 - корпус; 7 - стеклянный колпак;
 8 - стержень; 9 - трубка; 11 - пружина; 12 - тренога

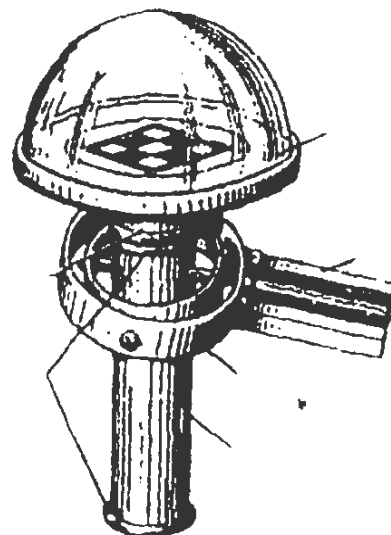


Рис. Альбедометр походный М-69:
 1 - резиновые прокладки; 2 - итулка; 3 - головка
 пирометра; 4 - рукоятка; 5 - карданный подвес;
 6 - трубка

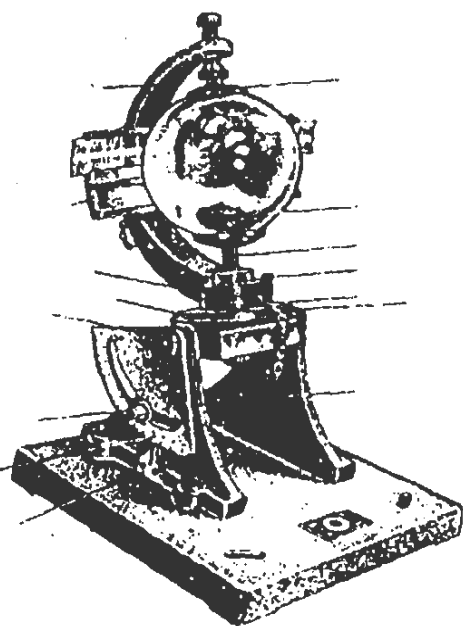


Рис. Гелиограф универсальный ГУ-1:
 1 - указатель широты; 2 - сектор; 3 - винт для закрепления
 угла наклона оси; 4 - горизонтальная ось; 5 - лимб;
 6 - колонка; 7 - чашка; 8 - скоба; 9 и 11 - верхний и
 нижний упоры; 10 - стеклянный шар; 12 - штифт;
 13 - диск; 14 - индекс на диске; 15 - стойка

Работа 3
Измерение температуры почвы
 (термометры: срочный, минимальный, максимальный,
 коленчатые, походный, вытяжные)

Задание:

1. Произвести отсчет температуры почвы по срочному, максимальному, минимальному, коленчатым, походному и вытяжным термометрам.
2. Ввести поправки к отсчету по температуре почвы и рассчитать исправленную величину.
3. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Измерение температуры почвы

| Термометры | | отсчет | поправка | испр. величина |
|-------------------------------|-------|--------|----------|----------------|
| Срочный | | | | |
| Максимальный | | | | |
| Минимальный | | | | |
| Коленчатые | 5 см | | | |
| | 10 см | | | |
| | 15 см | | | |
| | 20 см | | | |
| Походный | 10 см | | — | |
| Вытяжные | 20 см | | | |
| | 80 см | | | |
| Глубина промерзания почвы, см | | | — | |

Задача: изобразить графически, согласно законам Фурье, суточный ход температуры на поверхности почвы и на глубине 40 см.

Вопросы:

1. Что такое активный слой почвы и какова его глубина?
2. До какой глубины прослеживается годовой ход температуры в почве?
3. Как правильно выбрать площадку для установки почвенных термометров?

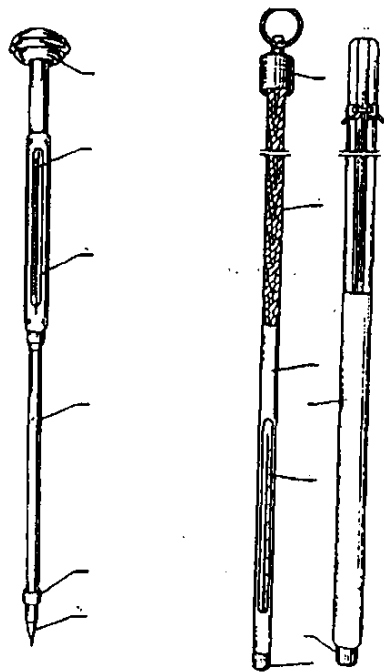


Рис. Термометр-щуп АМ-6
1 – ручка, 2 – термометр, 3 – прорезь, 4 – оправа,
5 – прокладка, 6 – наконечник

Рис. Термометр вытяжной ТПВ-50
1 и 7 – металлический колпачок, 2 – термометр,
3 – оправа, 4 – деревянный шест,
5 – колпачок с кольцом,
6 – эбонитовая трубка

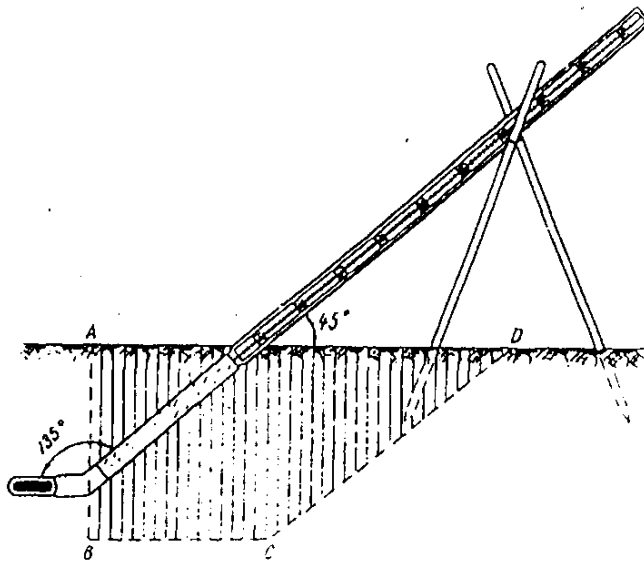


Рис. Установка коленчатого термометра ТМ-5

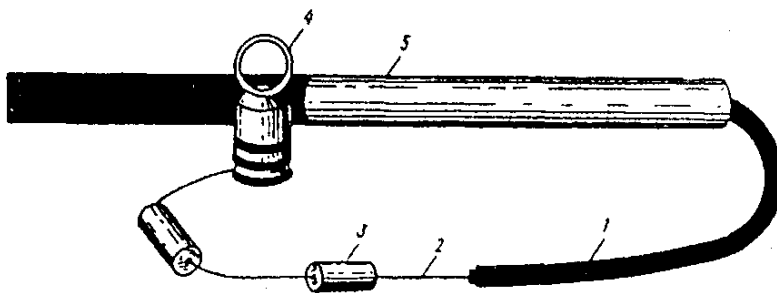


Рис. Мерзлотер АМ-21
1 – защитная трубка, 2 – резиновая трубка, 3 – шнур, 4 – пробки, 5 – колпачок с кольцом

Работа 4
Измерение температуры воздуха
(термометры: психрометрический, минимальный, максимальный)

Задание:

1. Произвести отсчет температуры воздуха по психрометрическому, минимальному и максимальному термометрам.
2. Ввести поправки к отчету по термометрам и рассчитать исправленную величину. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Измерение температуры воздуха

| Термометры | | отсчет | поправка | испр. величина |
|---------------------------|-----------------|--------|----------|----------------|
| Психрометрический (сухой) | | | | |
| Максимальный | до встряхивания | | | |
| | после | | | |
| Минимальный | спирт | | | |
| | штифт | | | |

Задача: рассчитать сумму активных температур выше 10° ($\sum t_{ак} > 10^{\circ}$) и сумму эффективных температур ($\sum t_{эф} > 5^{\circ}$), используя среднесуточные температуры, указанные в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Расчет сумм температур

| Показатель | Среднесуточная температура, $^{\circ}\text{C}$ | | | | | | | | Сумма температур |
|----------------------------|--|---|----|----|----|---|----|----|------------------|
| | 5 | 9 | 13 | 17 | 18 | 9 | 23 | 28 | |
| $\sum t_{ак} > 10^{\circ}$ | | | | | | | | | |
| $\sum t_{эф} > 5^{\circ}$ | | | | | | | | | |

Сумма активных температур - показатель характеризующий количество тепла и выражающийся суммой средних суточных температур воздуха, превышающий биологический минимум температуры.

Сумма эффективных температур - показатель характеризующий количество тепла, выраженной суммой средних суточных температур воздуха, уменьшенных на величину биологического минимума температуры.

Вопросы:

1. Опишите основные конструктивные особенности минимального и максимального термометров.
2. Каков принцип действия минимального и максимального термометров?
3. Как правильно установить термометры для измерения температуры воздуха?

Измерение температуры воздуха (термограф)

Задание:

1. Произвести отсчеты срочной температуры воздуха по психрометрическому термометру и термографу.
2. Ввести поправку к отсчету психрометрического термометра.
3. Рассчитать поправку к отсчету по термографу и записать в таблицу 4.3.

Таблица 4.3.

Измерение температуры воздуха с помощью термографа

| Наименование приборов | отсчет | поправка | исправленная величина |
|-----------------------------|--------|----------|-----------------------|
| Термометр психрометрический | | | |
| Термограф недельный | | | |

Задача: пользуясь лентами суточного или недельного термографа (рис.4.1) определить максимальную, минимальную температуру воздуха и амплитуду температуры за метеорологические сутки (табл. 4.4).

Таблица 4.4.

Обработка ленты термографа

| Наименование прибора | максимум температуры | минимум температуры | амплитуда |
|----------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| Термограф суточный | | | |

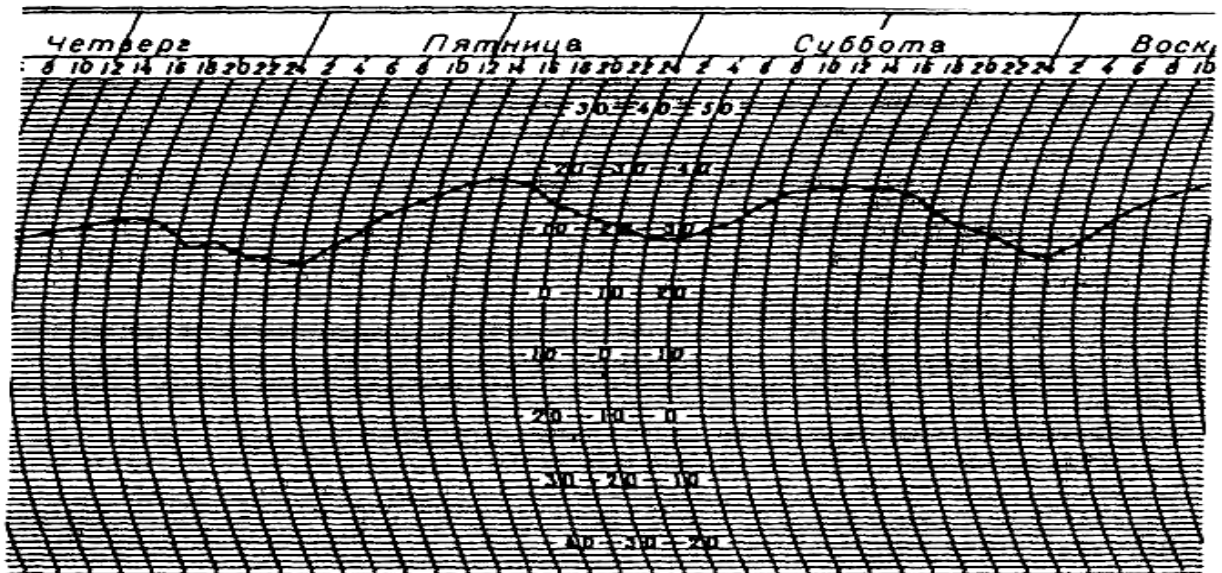


Рис. 4.1. Пример обработки записи на ленте термографа

Вопросы:

1. Каков порядок установки термографа в рабочее состояние?
2. Как обрабатывается лента термографа?
3. Как отличить суточный термограф от недельного?

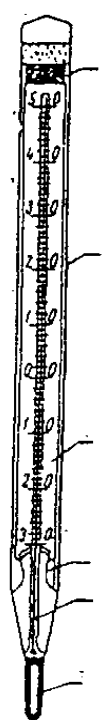


Рис. Срочный термометр ТМ-3.

1 и 4 — крепление шкалы, 2 — стеклянная оболочка, 3 — шкала, 5 — капиллярная трубка, 6 — резервуар

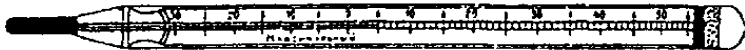


Рис. Максимальный термометр ТМ-1.

1 — штифт, 2 — резервуар, 3 — капилляр

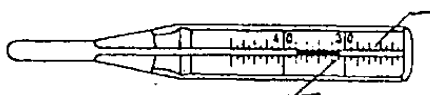
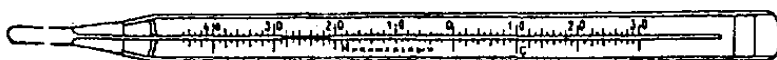


Рис. Минимальный термометр ТМ-2.

1 — менник спирта, 2 — штифт.

Рис. Психрометрический термометр ТМ-4.

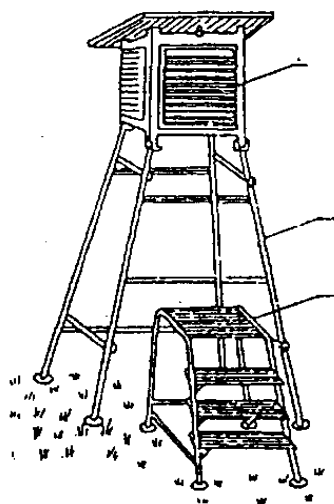


Рис. Психрометрическая будка БП-1.

1 — будка, 2 — подставка, 3 — лесенка.

Контрольные вопросы 1

1. Предмет «Агрометеорология», определение и задачи.
2. Методы наблюдений, применяемые в агрометеорологии.
3. Из каких основных слоев состоит атмосфера?
4. Чем характеризуется тропосфера?
5. Какие существуют методы изучения атмосферы?
6. Загрязнение атмосферы и меры борьбы с ним. Роль лесных насаждений в улучшении экологической обстановки.
7. Из каких газов состоит атмосферный и почвенный воздух? Современные изменения в составе атмосферного воздуха.
8. Что называют Солнечной постоянной? Какие изменения претерпевает солнечная радиация, проходя через атмосферу Земли?
9. Какие виды солнечной радиации представлены в атмосфере?
10. Какие приборы используют в актинометрии?
11. Чем представлены в атмосфере потоки длинноволновой радиации?
12. Как записывается уравнение радиационного баланса днем в ясную и пасмурную погоду, ночью?
13. Какие естественные поверхности имеют наибольшее и наименьшее альбедо? Как регулировать альбедо сельскохозяйственных полей?
14. Из каких частей состоит спектр солнечного излучения? Какую роль для физиологических процессов в растении они играют?
15. Что такое ФАР и как рассчитать коэффициент полезного использования ФАР ($K_{ПИФАР}$)? Каков его биологически возможный предел?
16. Какие существуют способы повышения $K_{ПИФАР}$?
17. Каким требованиям должна отвечать площадка для установки почвенных термометров?
18. Какие термометры используют для измерения температуры почвы?
19. Каков принцип действия минимального и максимального термометров?
20. Для чего служат и как применяют коленчатые и вытяжные термометры?
21. Что называют активным слоем почвы и какова его глубина?
Теплофизические характеристики почвы.
22. Как регулируют температуру почвы на сельскохозяйственных полях?
23. До какой глубины прослеживается годовой ход температуры почвы?
24. Законы Фурье. Где они применяются на практике.
25. Каковы особенности распределения температуры воздуха в зависимости от рельефа местности?
26. Где и как устанавливаются термометры для измерения температуры воздуха? Каково назначение психрометрической будки?
27. Термограф. Обработка ленты термографа.
28. Как рассчитывают ВГТ и чему он равен для тропосферы? Какие факторы на него влияют? Роль в сельском хозяйстве.
29. Какие процессы осуществляют перенос тепла между деятельным слоем и атмосферой?
30. Что называют суммой активных и эффективных температур? Как их рассчитывают?

Работа 5а
Измерение влажности воздуха
(психрометр стационарный)

Давление воздуха (P) _____ гПа

Задание:

1. Произвести отсчет температуры по стационарному психрометру в метеорологической будке.
2. Ввести поправки к отсчетам и рассчитать исправленную величину.
3. Используя психрометрические таблицы определить: парциальное давление водяного пара (e), относительную влажность (f), недостаток насыщения (d), точку росы (td), парциальное давление насыщенного водяного пара (E).
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

Измерение влажности воздуха стационарным психрометром

| Показатель | отсчет | | поправка | | испр. величина | |
|---|--------|--|----------|--|----------------|--|
| Сухой термометр (t) | | | | | | |
| Смоченный термометр (t') | | | | | | |
| t - t' | | | | | | |
| Δe | | | | | | |
| Парциальное давление (e), гПа | | | | | | |
| Относительная влажность (f), % | | | | | | |
| Недостаток насыщения (d), гПа | | | | | | |
| Точка росы (td), °C | | | | | | |
| Давление насыщенного водяного пара (E), гПа | | | | | | |

Формула для расчета относительной влажности и недостатка насыщения:

$$f = e/E \times 100\%; \quad d = E - e$$

Задачи:

1. Сравнить величину давления насыщенного водяного пара (E), рассчитанную по психрометрическим таблицам и формуле.
2. Показания сухого термометра 18,5 °C, смоченного 11,0 °C, атмосферное давление 1020 гПа. Определить:
 $\Delta e =$ _____, $e_{испр} =$ _____, $f =$ _____, $d =$ _____, $t_d =$ _____, $E =$ _____
3. Если $t = t'$ какие значения имеют f и d?
4. Если температура воздуха опустилась до точки росы, какие значения имеют f и d?

Вопросы:

1. В чем заключается существо психрометрического метода измерения влажности воздуха?
2. Какие правила наблюдения по стационарному психрометру в холодный период года с температурами до -10 °?
3. Как будет различаться по степени сухости воздух при относительной влажности 80 и 20%?
4. Почему в ночные часы чаще всего образуется роса?

Работа 5 б

Измерение влажности воздуха (психрометр аспирационный)

Давление воздуха (P) _____ гПа

Задание:

1. Произвести отсчет температуры по аспирационному психрометру.
2. Ввести поправки к отсчетам и рассчитать исправленную величину.
3. Используя психрометрические таблицы определить: парциальное давление водяного пара (e), относительную влажность (f), недостаток насыщения (d), точку росы (t_d), парциальное давление насыщенного водяного пара (E).
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Измерение влажности воздуха аспирационным психрометром

| Показатель | отсчет | | поправка | | испр. величина | |
|---|--------|--|----------|--|----------------|--|
| Сухой термометр (t) | | | | | | |
| Смоченный термометр (t') | | | | | | |
| t - t' | | | | | | |
| Δe | | | | | | |
| Парциальное давление (e), гПа | | | | | | |
| Относительная влажность (f), % | | | | | | |
| Недостаток насыщения (d), гПа | | | | | | |
| Точка росы (t _d), °С | | | | | | |
| Давление насыщенного водяного пара (E), гПа | | | | | | |

Задача: показания сухого термометра 20,0°С, смоченного 15,5°С, атмосферное давление 1020 гПа. Определить:

$$\Delta e = \quad , e_{\text{испр}} = \quad , f = \quad , d = \quad , t_d = \quad , E =$$

Задача: показания сухого термометра 15,0°С, смоченного 12,2°С, атмосферное давление 1001 гПа. Определить:

$$\Delta e = \quad , e_{\text{испр}} = \quad , f = \quad , d = \quad , t_d = \quad , E =$$

Вопросы:

1. Назовите величины характеризующие влажность воздуха.
2. Почему аспирационный психрометр считают «походным»?
3. Опишите принцип работы аспирационного психрометра.

Работа 6

Измерение влажности воздуха (гигрометр волосной)

Задание:

1. Произвести отсчет температуры по сухому термометру и по гигрометру в метеорологической будке.
2. Ввести поправку к отсчету по сухому термометру и рассчитать исправленную величину.
3. Пользуясь графиком, по показанию гигрометра найти относительную влажность воздуха.
4. Используя психрометрические таблицы, определить характеристики влажности воздуха.
5. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1.

Измерение влажности воздуха волосным гигрометром

| Показатель | отсчет | поправка | испр. величина |
|---|--------|----------|----------------|
| Термометр | | | |
| Гигрометр | | | |
| Относительная влажность (f), % | | | |
| Парциальное давление (e), гПа | | | |
| Недостаток насыщения (d), гПа | | | |
| Точка росы (td), °С | | | |
| Давление насыщенного водяного пара (E), гПа | | | |

Задача: показание сухого термометра 15,0°С, шкала гигрометра 46 делений. Определить:

$$e = \quad , f = \quad , d = \quad , t_d = \quad , E =$$

Задача: показание сухого термометра -13,0°С, шкала гигрометра 60 делений. Определить:

$$e = \quad , f = \quad , d = \quad , t_d = \quad , E =$$

Вопросы:

1. Охарактеризуйте метод, применяемый для измерения влажности воздуха волосным гигрометром.
2. Что такое физическое испарение, транспирация и суммарное испарение? Назовите факторы, влияющие на испарение.
3. Опишите назначение, устройство и принцип действия гигрографа.
4. Как построить тарировочный график для гигрометра?

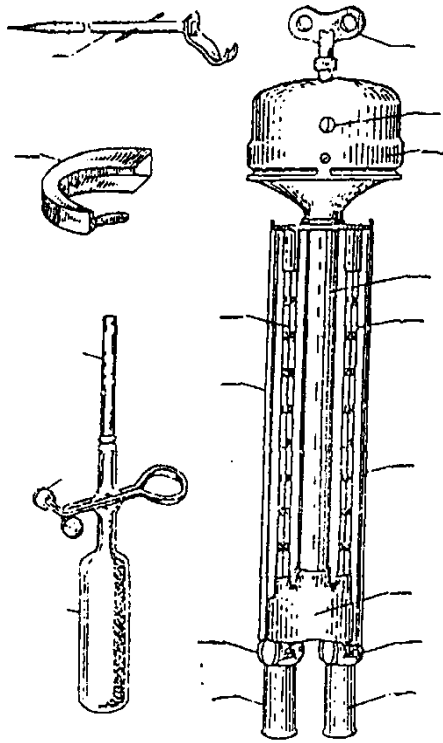


Рис. Аспирационный психрометр МВ-4М.

1 — резиновая груша, 2 — зажим, 3 — пилетка, 4 — ветровая защита, 5 — крюк-подвес, 6 — ключ, 7 — окошечко, 8 — головка аспиратора, 9 — трубка, 10, 11 — сухой и смоченный термометры, 12 — защитные планки, 13 — тройник, 14 — изоляционные втулки, 15, 16 — трубки.

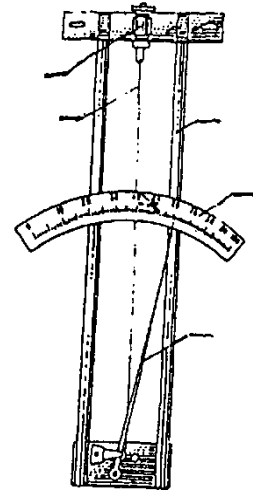


Рис. Волосной гигрометр МВ-1.

1 — волос, 2 — регулировочный винт, 3 — контргайка, 4 — рама, 5 — шкала, 6 — стрелка, 7 — стержень, 8 — ось, 9 — кулачок, 10 — грузик, 11 — винт.

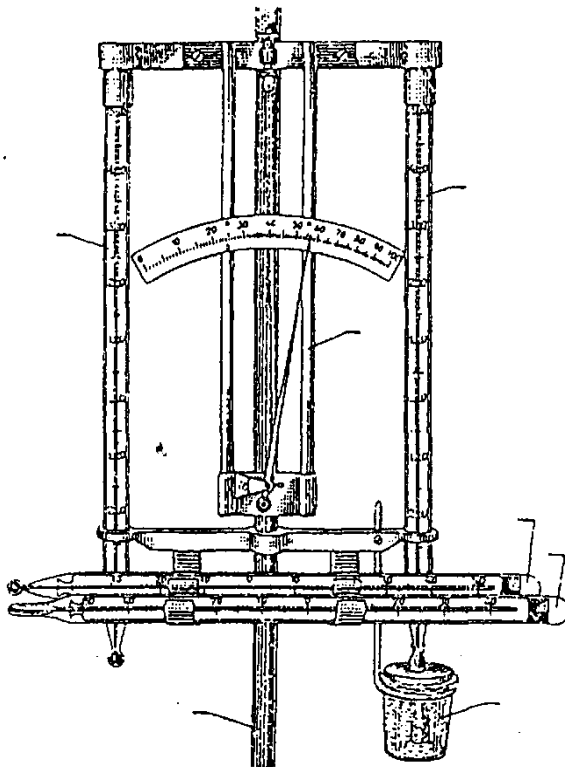


Рис. Установка приборов в психрометрической будке.

1 — штатив, 2, 3 — сухой и смоченный термометры, 4 — гигрометр, 5, 6 — максимальный и минимальный термометры, 7 — стаканчик с водой.

Работа 7

Измерение осадков (осадкомер Третьякова)

Задание:

1. Определить количество выпавших осадков, используя измерительный стакан (мм).
2. Рассчитать поправку на смачивание ведра осадкомера.
3. Определить количество выпавших осадков в т/га.
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Измерение осадков осадкомером Третьякова

| Цена деления измеритель- ного стакана Н, мм | Количество выпавших осадков | | Количество осадков после слива, мм | Разность (поправка на смачивание), мм | Количество выпавших осадков, т/га |
|--|-----------------------------|----|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | делений стакана | мм | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Задача: за сутки выпало 45 мм осадков, причем 40% этих осадков выпало между 10 -12 ч. Определить интенсивность осадков в этот промежуток времени (мм/мин., мм/час.)

Задача: в результате сильного ливня количество выпавших осадков за 10 мин. составило 30,5 мм. Сколько воды в м³ (т) выпало за 1 мин. на площадь 1 га?

Вопросы:

1. Что такое конденсация? Как происходит конденсация в атмосфере?
2. Охарактеризуйте приборы для измерения осадков.
3. Что входит в комплект осадкомера?
4. Перечислите наземные гидрометеоры и дайте анализ их образования.

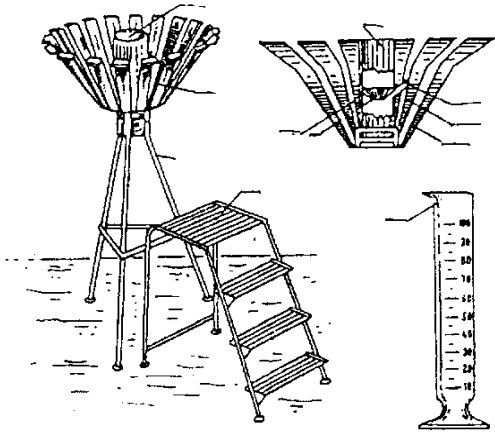


Рис. Осадкомер Третьякова О-1.

1 — воронка, 2 — диафрагма, 3 — ведро, 4 — колпачок, 5 — носик, 6 — планочная защита, 7 — подставка, 8 — лесенка, 9 — измерительный стакан.

Рис. Дождемер полевой М-99.

1 — стакан, 2 — верхняя часть стакана, 3 — воронка.

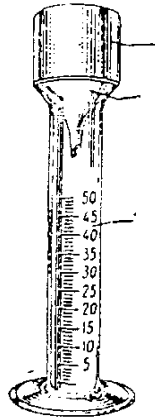


Рис. Почвенный дождемер ГР-28.

1 — носик, 2 — ведро, 3 — гнездо, 4 — диафрагма, 5 — опоры.

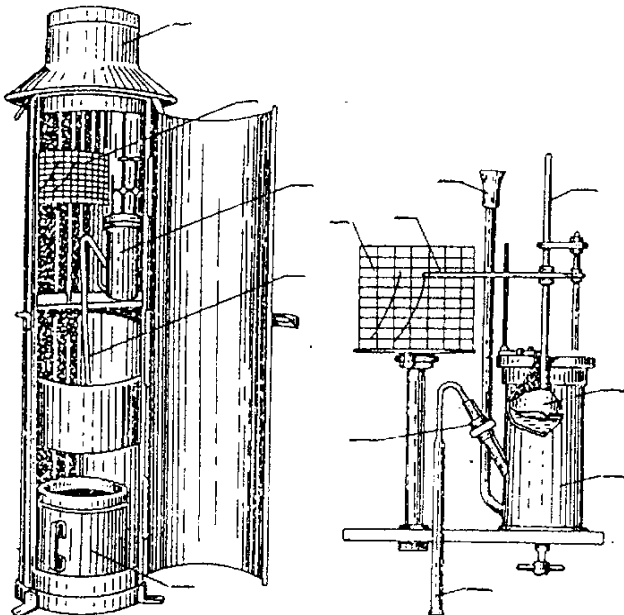
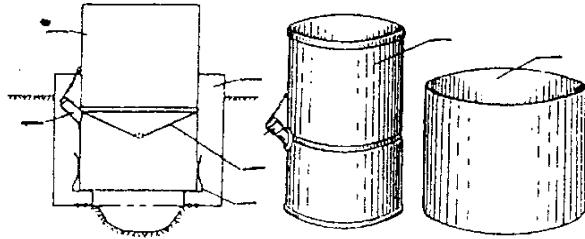


Рис. Плувиограф П-2.

1 — приемный сосуд, 2 — сливная трубка, 3 — поплавковая камера, 4 — поплавок, 5 — стержень поплавка, 6 — стрелка с пером, 7 — трубка, 8 — сифон, 9 — барабан, 10 — водосборный сосуд.

Работа 8

Измерение плотности снега и запасов воды (весовой снегомер, маршрутная снегомерная рейка)

Задание:

1. Измерить высоту снежного покрова переносной рейкой.
2. Произвести измерения снегомером в 2-х точках.
3. Определить плотность снега и рассчитать запас воды в мм и м³/га.
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1

Измерение плотности снега и запасов воды в нем

| Дата | Наблюдения | Высота снега, см | | Отсчет по шкале безмена | Плотность снега | Запас воды | |
|------|------------|------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|------------|--------------------|
| | | по рейке | по шкале цилиндра | | | мм | м ³ /га |
| | 1. | | | | | | |
| | 2. | | | | | | |
| | Среднее | | | | | | |

Формула для расчетов запасов воды в снеге:

$$H = 10dh,$$

где H - запас воды в снеге, мм; d - плотность снега, г/см³; h - высота снега, см.

Задача: Высота снега 30 см, толщина ледяной корки 9 мм, плотность снега 0,31 г/см³. Найти общие запасы влаги в м³/га.

Задача: Определить высоту снежного покрова, если плотность снега 0,28 г/см³, запасы воды в снеге 960 м³/га.

Вопросы:

1. Какое значение имеет снежный покров в сельском хозяйстве?
2. Какие факторы влияют на накопление и распределение снежного покрова? Каковы его характеристики?
3. Как устроен весовой снегомер? Порядок производства наблюдений.

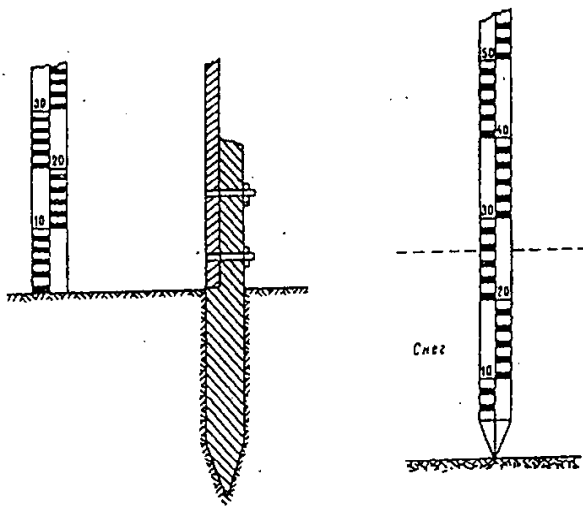


Рис. Снегомерные рейки.

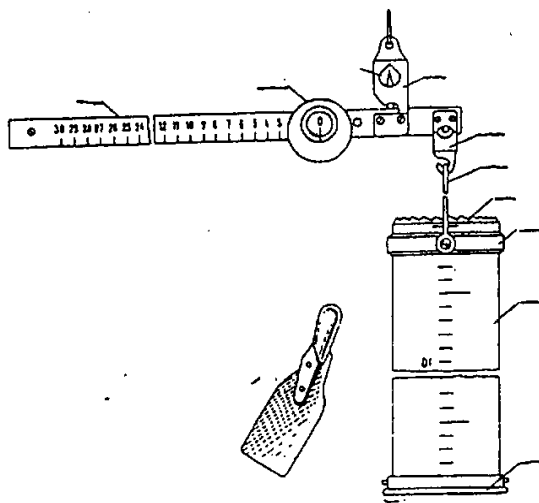


Рис. Походный весовой снегомер ВС-43.

1 — латунная рейка, 2 — передвижной груз, 3 — стрелка, 4 — подвес, 5 — крючок, 6 — дужка, 7 — режущая кромка, 8 — кольцо, 9 — снегозаборник, 10 — крышка, 11 — лопатка.

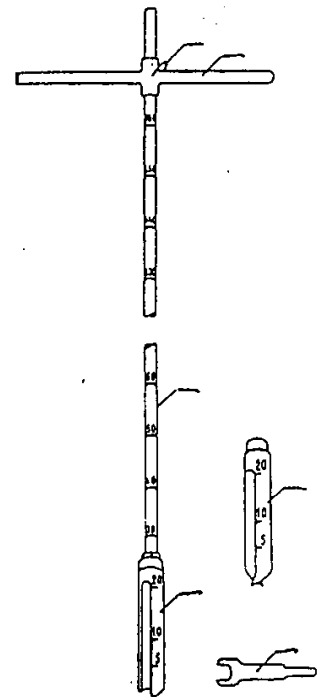


Рис. Почвенный бур АМ-16.
1, 5 — буровые стаканы, 2 — штанга с контргайкой,
3 — фиксатор, 4 — рукоятка, 6 — ключ-чистилка.

Работа 9

Измерение давления воздуха (барометр - анероид)

Задание:

1. Произвести отсчет давления и температуры по анероиду.
2. Сделать расчет поправок и определить суммарную поправку.
3. Найти исправленную величину давления воздуха.
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 9.1 и 9.2.

Таблица 9.1

Расчет величины давления воздуха

| Наименование прибора | Отсчет | Суммарная поправка | Исправленная величина |
|------------------------|--------|--------------------|-----------------------|
| Анероид | | | |
| Термометр при анероиде | | | |

Таблица 9.2

Расчет поправок анероида

| На шкалу | Приведенная к 0°С | Добавочная | Суммарная |
|----------|-------------------|------------|-----------|
| | | | |

Задачи:

1. Вычислить барическую ступень при давлении 1000 гПа и температуре, °С:

а) -40 h =

б) 0,0 h =

в) +40 h =

2. Рассчитать превышение 3-го этажа над 1-м этажом здания уч.корпуса, используя формулу Бабинэ.

Вопросы:

1. На сколько метров надо переместиться по вертикали, чтобы давление изменилось на 1 гПа?
2. Когда - летом или зимой (днем или ночью) - давление с высотой уменьшается быстрее?
3. Как связать наличие горизонтального барического градиента и ветра?

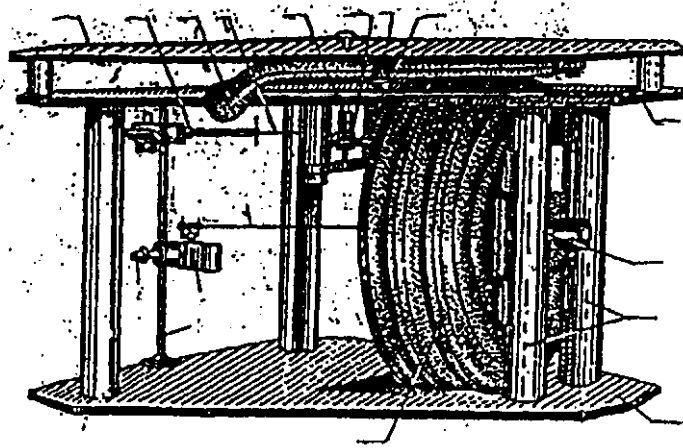


Рис. Механизм барометра-анероида БАММ-1.

1 — плата, 2 — бароблок, 3 — тяга, 4, 8 — шлицы рычага, 5 — ось, 6, 15 — регулировочные винты, 7 — стрелка, 9 — термометр, 10 — шарнирная цепочка, 11 — ось стрелки, 12 — ролики, 13 — шкальная плата, 14 — спиральная пружина, 16 — стойки.

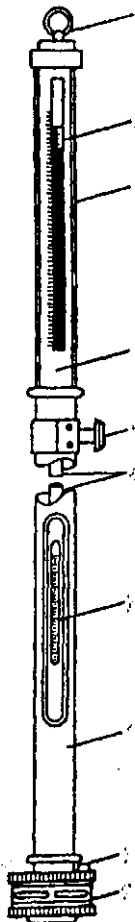


Рис. Барометр чашечный стационарный СР:

1 — кольцо; 2 — нониус; 3 — защитное стекло; 4 — оправа; 5 — кремальера; 6 — барометрическая трубка; 7 — термометр; 8 — винт; 9 — чашка

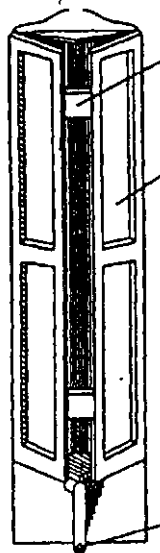


Рис. Шкафчик для установки барометра:

1 — прорезь с матовым стеклом; 2 — дверца; 3 — крепление

Работа 10

Измерение скорости и направления ветра (флюгер Вильда, анемометр)

Задание:

1. Определить направление ветра, среднее положение доски и ее максимальное отклонение по флюгеру Вильда.
2. Произвести три измерения скорости ветра по анемометру.
3. Используя тарифовочный график, определить скорость ветра в м/с.
4. Результаты наблюдений и расчетов занести в таблицу 10.1 и 10.2.

Таблица 10.1

Измерение скорости и направления ветра флюгером Вильда

| Направление ветра | Скорость ветра | |
|----------------------|-------------------------|-----|
| | Среднее положение доски | м/с |
| | | |
| | | |

Таблица 10.2

Измерение скорости ветра анемометром

| Время | Отсчеты анемометра | | Разность $K_2 - K_1$ | Коли- чество секунд | Деление счетчика в 1 сек | Скорость ветра, м/с | Средняя скорость ветра, м/с |
|-------|-----------------------|-------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | K_1 | K_2 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Задачи:

1. Как записать направление ветра в румбах и как его назвать, если воздушный поток движется:
 - а) с севера на юг:
 - б) с северо-запада на юго-восток:
 - в) с юго-востока на северо-запад:
2. Перевести в румбы направление ветра, выраженное следующими числовыми значениями: 25° , 180° , 300° , 270° .
Какие углы точно совпадают с направлением румбов?
3. Назовите местные ветры и дайте им характеристику.

Вопросы:

1. Как устанавливается флюгер на метеоплощадке?
2. В какой последовательности производятся наблюдения за направлением и скоростью ветра?
3. Какую роль играет ветер в атмосфере?

Роза ветров

Задание:

1. Используя данные повторяемости направлений ветра (%) для января и июля (табл. 10.3), построить розу ветров (рис. 10.1).

Таблица 10.3

Повторяемость направлений ветра (%) и среднее число штилей

| Месяц | С | СВ | В | ЮВ | Ю | ЮЗ | З | СЗ | Число штилей |
|--------|---|----|----|----|---|----|----|----|--------------|
| Январь | 3 | 7 | 35 | 11 | 6 | 10 | 20 | 8 | 7 |
| Июль | 9 | 8 | 13 | 5 | 6 | 10 | 33 | 16 | 9 |

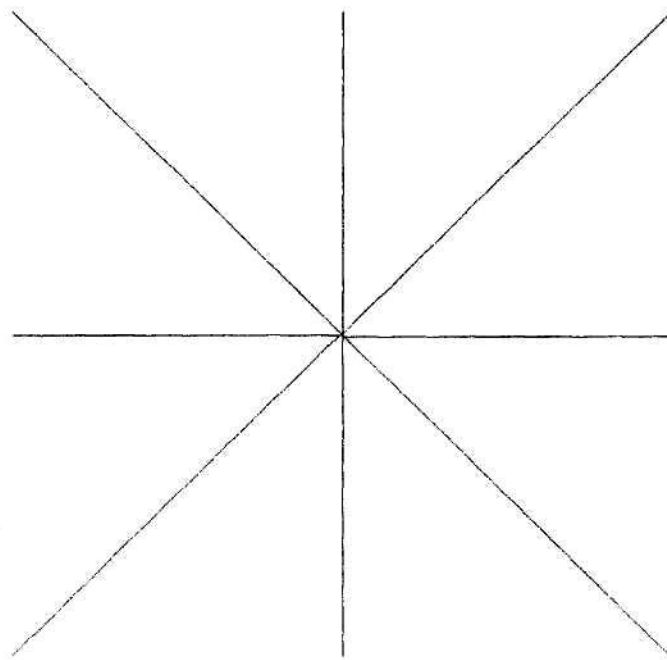


Рис. 12.1. Роза ветров

Вопросы:

1. При каких сельскохозяйственных работах и как учитывается роза ветров?
2. Какое значение имеет ветер в сельском хозяйстве?

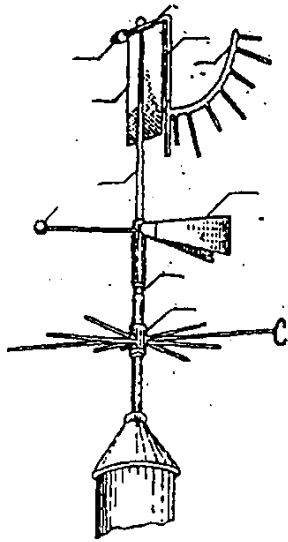


Рис. Флюгер Вильда.

1 — флюгарка, 2 — противовес флюгарки, 3 — неподвижная ось, 4 — муфта, 5 — металлическая доска, 6 — горизонтальная ось, 7 — трубка, 8 — дуга со штифтами, 9 — стержень дуги, 10 — груз-противовес.

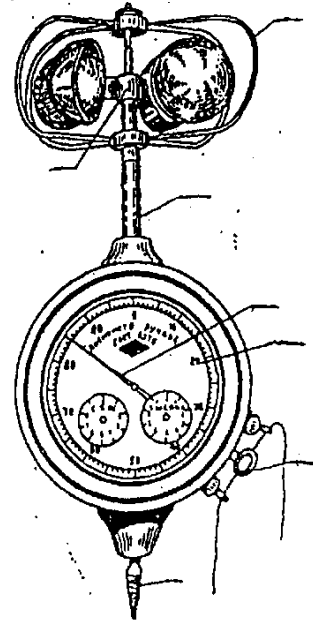


Рис. Анемометр ручной чашечный МС-13.

1 — ось, 2 — вертушка, 3 — кольцо арретира, 4 — винтовая нарезка, 5 — стрелка центральной шкалы, 6 — центральная шкала, 7 — металлическая дуга.

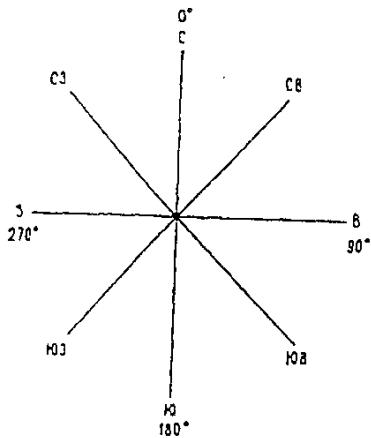
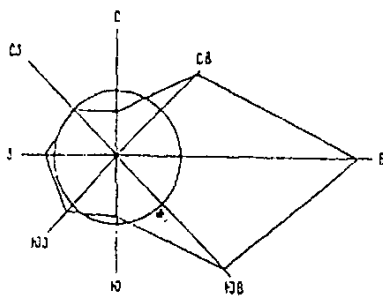
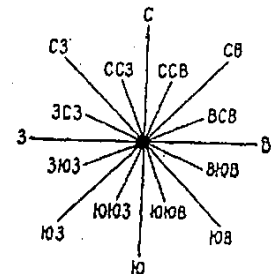


Рис. Основные румбы.

Рис. Расположение румбов.



Роза ветров за июль для ст. Мичуринск.

Для обозначения румбов используют начальные буквы стран света:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| С — север, | Ю — юг, |
| ССВ — северо-северо-восток, | ЮЮЗ — юго-юго-запад, |
| СВ — северо-восток, | ЮЗ — юго-запад, |
| ВСВ — востоко-северо-восток, | ЗЮЗ — западо-юго-запад, |
| В — восток, | З — запад, |
| ВЮВ — востоко-юго-восток, | ЗСЗ — западо-северо-запад, |
| ЮВ — юго-восток, | СЗ — северо-запад, |
| ЮЮВ — юго-юго-восток, | ССЗ — северо-северо-запад. |

Контрольные вопросы 2

1. Чем характеризуют влажность воздуха?
2. Какие методы применяют для определения влажности воздуха?
3. Чем отличается влажность воздуха среди растений и на участках без растительности?
4. Каково устройство и принцип работы стационарного психрометра?
5. Как определяют влажность воздуха в полевых условиях?
6. Какие факторы влияют на испарение в посевах сельскохозяйственных культур?
7. Какие изменения претерпевают температура и влажность воздуха по вертикали?
8. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере.
9. Классификация облаков.
10. Осадки. Какова роль осадков в повышении продуктивности с.х. культур?
11. Как изменяется распределение и количество осадков по географическим зонам?
12. Приборы для измерения осадков. Каково устройство и принцип работы осадкомера Третьякова?
13. Каковы существуют особенности распределения и накопления снежного покрова на сельскохозяйственных полях?
14. Как проводят снегосъемку в поле?
15. Что понимают под снежными мелиорациями?
16. Неблагоприятные агрометеорологические явления зимнего периода и их последствия для зимующих с.х. культур.
17. Чем характеризуется почвенная влага и каково ее значение для ландшафтных структур?
18. Неблагоприятные агрометеорологические явления теплого периода.
19. Критерии засух и суховеев.
20. Заморозки. Типы заморозков. Меры борьбы.
21. Какое влияние на заморозки оказывает местоположение участка?
22. Что понимают под водным балансом поля?
23. Какие существуют методы почвенной влагометрии? Термостатно-весовой метод определения влажности почвы.
24. Атмосферные фронты.
25. Какой характер погоды обуславливает циклон? Какие отличительные особенности и условия его формирования Вы знаете?
26. Какой характер погоды обуславливает антициклон? Условия его формирования.
27. Какими приборами измеряют давление воздуха?
28. Как влияют полезащитные лесные насаждения на режим ветра?
29. Что понимают под розой ветров и какова ее роль в ландшафтном строительстве?
30. Каково назначение, устройство и принцип работы Флюгера Вильда и анемометра?

Агрометеорологические прогнозы

Работа 13

Прогноз заморозков

(по способу Михалевского)

Задание 1:

1. Рассчитать ожидаемую минимальную температуру воздуха и поверхности почвы по данным 13 ч. срока наблюдений.
2. Уточнить прогноз минимальных температур по данным облачности в 21 ч.
3. Оценить вероятность наступления заморозков в воздухе и на поверхности почвы на ближайшую ночь. Результаты занести в таблицу 13.1.

Таблица 13.1

Прогноз заморозков по методу Михалевского

| Показатель | Вариант задачи | | | |
|--|----------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Исходные данные | | | | |
| 1. Температура сухого термометра в 13 ч, °С | | | | |
| 2. Температура смоченного термометра в 13 ч, °С | | | | |
| 3. Атмосферное давление, гПа | | | | |
| 4. Облачность в 21 ч, баллы | | | | |
| Расчетные данные | | | | |
| 5. Относительная влажность в 13 ч, % | | | | |
| 6. Коэффициент C | | | | |
| 7. Минимальная температура воздуха в 13 ч, °С | | | | |
| 8. Минимальная температура поверхности почв в 13 ч, °С | | | | |
| 9. Минимальная температура воздуха в 21 ч (с поправкой на облачность), °С | | | | |
| 10. Минимальная температура поверхности почвы в 21 ч (с поправкой на облачность), °С | | | | |
| Оценка вероятности заморозка | | | | |
| 11. В воздухе | | | | |
| 12. На поверхности почвы | | | | |

Задание 2: Пользуясь «Практикумом», составить таблицу классификации сельскохозяйственных культур по отношению к заморозкам (табл. 13.2)

Таблица 13.2

Классификация сельскохозяйственных культур по отношению к заморозкам

| Устойчивость культуры к заморозкам | Гибель всходов при температуре | Культуры |
|------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1. Наиболее устойчивые | -8°...-10° | |
| 2. Устойчивые | -6°...-8° | |
| 3. Среднеустойчивые | -4°...-6° | |
| 4. Малоустойчивые | -2°...-3° | |
| 5. Неустойчивые | -1°...-2° | |

Вопросы:

1. Какие типы заморозков бывают?
2. Как по местным признакам погоды предсказать заморозки? Какого типа?
3. Какие меры борьбы используются в с/х производстве против заморозков?

Работа 14

Расчет запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода

Задание:

1. Используя исходные данные для составления прогноза (см. задание в Методичке), определить изменение запасов влаги в почве за осенне-зимне-весенний период (мм).
2. Определить ожидаемые запасы влаги в почве весной (мм).
3. Дать оценку ожидаемых запасов влаги (%) от наименьшей влагоемкости и от средней многолетней влажности почвы. Результаты занести в таблицу 14.1.

Таблица 14.1

Расчет запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода

| Показатель | Вариант | | | |
|--|---------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Исходные данные | | | | |
| 1. Последние определения влажности почвы осенью, дата | | | | |
| 2. Запасы продуктивной влаги осенью, мм | | | | |
| 3. Наименьшая влагоемкость, мм | | | | |
| 4. Осадки за период от последнего определения влажности почвы осенью до составления прогноза, мм | | | | |
| 5. Многолетние средние запасы влаги при переходе температуры через + 5°C, мм | | | | |
| Данные по прогнозу погоды | | | | |
| 6. Переход средней суточной температуры воздуха через + 5° весной, дата | | | | |
| 7. Осадки за период от составления прогноза до перехода температуры через + 5°C весной по прогнозу погоды и климатическим данным, мм | | | | |
| Вычисленные данные | | | | |
| 8. Недостаток насыщения почвы влагой осенью, мм | | | | |
| 9. Осадки за период от последнего определения влажности почвы осенью до перехода температуры через + 5°C весной, мм | | | | |
| 10. Изменение запасов влаги за осенне-зимне-весенний период, мм | | | | |
| 11. Запасы влаги, ожидаемые весной, мм | | | | |
| Оценка ожидаемых запасов влаги | | | | |
| 12. От наименьшей влагоемкости, % | | | | |
| 13. От средних многолетних запасов, % | | | | |

Задача : масса пробы влажной почвы $m_1 = 15,0$ г.; масса абсолютно сухой почвы $m_2 = 12,0$ г. Определить влажность почвы (%) по гравиметрическому (термостатно-весовому) методу.

Задача : определить запасы продуктивной влаги $W_{(мм)}$ в слое почвы 0-10 см, если объемная масса для этого слоя $d = 1,5$ г/см³, коэффициент устойчивого завядания $K = 10$ %, влажность почвы $V = 30$ %.

Вопросы:

1. Дать определение различным состояниям почвенного увлажнения.
2. Как визуальным образом оценить состояние увлажнения почвы?
3. Назовите способы оптимизации почвенного увлажнения.

Работа 15

Расчет дат наступления фаз развития растений

Задание:

1. Рассчитать дату наступления прогнозируемой фазы (D), используя исходные данные для составления прогноза (см. задание в Методичке). Результаты занести в таблицу 15.1.

Таблица 15.1

Расчет дат наступления фаз развития растений

| Культура и сорт | Исходная фаза развития растения | Дата составления прогноза (D ₁) | Сумма эффективных температур за межфазный период (A), °С | Средняя суточная температура прогнозируемого периода (t _{ср}), °С | Биологический ноль (B), °С | Продолжительность межфазного периода (n), дней | Ожидаемая дата наступления фазы (D) | Ожидаемая фаза |
|-----------------|---------------------------------|---|--|---|----------------------------|--|-------------------------------------|----------------|
| Яровая пшеница | | | | | | | | |
| Яровая пшеница | | | | | | | | |
| Овес | | | | | | | | |
| Овес | | | | | | | | |

Задача: для прохождения фазы цветения яблони сорта Антоновка обыкновенная требуется 120°С эффективных температур выше 5°С. Определить среднюю суточную температуру воздуха за период цветения, если известно, что цветение яблони продолжалось 12 суток.

Задача: определить сумму эффективных температур выше 5°С для яровой пшеницы, если известно, что продолжительность периода «выхода в трубку- колошение» составила 19 дней, а среднесуточная температура воздуха за этот период 22,3°С,

Вопросы:

1. Какие метеорологические показатели влияют на темпы развития сельскохозяйственных растений?
2. Что означает биологический минимум температуры для растения?
3. Назовите основные фазы развития зерновых (плодовых) культур.

Контрольные вопросы 3

1. Что называют климатом? Какими показателями он характеризуется?
2. В чем различия между климатом и погодой?
3. Какие существуют основные климатообразующие факторы?
4. Как формируется климат агроландшафтов?
5. Что положено в основу классификации климатов?
6. Какова связь между климатом и характером растительности в Нечерноземной зоне?
7. Какие естественные факторы влияют на изменение и колебания климата?
8. Какова роль антропогенных факторов в современном изменении и колебании климата?
9. Что такое «парниковый эффект» и чем он вызван? Киотский протокол.
10. Каковы прогнозы изменения климата в XXI веке?
11. Как проявляется глобальное потепление в естественных экосистемах?
12. Что называют микроклиматом? Как формируется микроклимат с.х. полей и каковы его особенности?
13. Что называют фитоклиматом?
14. Как учитывают микроклимат в агроландшафтах?
15. Способы оптимизации микроклимата.
16. Что понимают под климатом почвы?
17. Что включает сельскохозяйственная оценка климата?
18. Что характеризует ГТК и как он рассчитывается?
19. Какие показатели используют для оценки термических ресурсов территории?
20. Что понимают под агроклиматическим районированием? Какие показатели применяют при агроклиматическом районировании?
21. Основные виды и формы агрометеобслуживания сельскохозяйственного производства.
22. Основные виды агрометнаблюдений на сети станций Росгидромета.
23. Организация метеорологического поста, программа наблюдений.
24. Декадный агрометеорологический бюллетень и его использование.
25. Научные основы методов агрометеорологических прогнозов и их виды.
26. Агрометеорологический прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода.
27. Агрометеорологический прогноз теплообеспеченности вегетационного периода.
28. Заморозки. Классификация заморозков по их действию на сельскохозяйственные культуры.
29. Методы предсказания заморозков. Распределение опасных заморозков.

Учебное издание

Составители:

Белолобцев Александр Иванович

АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Рабочая тетрадь

Издано в редакции составителей
Корректурa составителей

Издательство РГАУ-МСХА
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44
Тел.: 8(499) 977-00-12; 977-40-64