

*М. Д. Павлова*

---

ПРАКТИКУМ  
ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
МЕТЕОРОЛОГИИ





М. Д. ПАВЛОВА

■

# ПРАКТИКУМ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

■

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов



ИЗДАТЕЛЬСТВО „КОЛОС“  
Москва — 1968

## О п и с а н и е

«Практикум по сельскохозяйственной метеорологии» написан в соответствии с программой по курсу «Агрометеорология» для агрономических факультетов сельскохозяйственных вузов и состоит из пяти разделов. В каждом разделе выделены главы, соответствующие основным темам дисциплины. Главы, в свою очередь, подразделены на параграфы, отражающие отдельные вопросы темы. В начале каждой главы даны задания, которые определяют объем работы по данной теме.

В некоторых темах (первый раздел) для измерения одного метеорологического явления применяются несколько приборов. В этом случае выбор приборов для изучения на практических занятиях определяется оснащенностью кафедр.

Следует отметить также, что в разделе «Агрометеорологические прогнозы» невозможно было, изложить все методы составления агрометеорологических прогнозов, применяемые в практике обслуживания сельского хозяйства. Поэтому в зависимости от географического положения вуза и специализации сельскохозяйственного производства данные главы могут быть изучены и иные методы агрометеорологических прогнозов.

На практических занятиях все группы студентов выполняет задание одной темой, но в разной последовательности: при работе с метеорологическими приборами отдельное задание (3—4 человека), и зависимость от количества приборов) самостоятельно изучает их устройство, установку, проводит наблюдения и обрабатывает полученные результаты по одному из приборов, после этого звенья обмениваются приборами и продолжают работу.

При составлении агрометеорологических прогнозов и в процессе работы с агрометеорологическими справочниками студентам дают индивидуальные задания. Например, агроклиматическую характеристику каждого студент составляет по разным пунктам, а количество полученных данных в почве к началу весны определяет для разных почв севооборота.

Такой метод проведения практических занятий дает возможность, не снижая уровня самостоятельной работы студентов, сохранить цельность курса, так как практические занятия в этом случае тесно связаны с лекционным материалом.

Автор будет благодарен за все замечания и советы, направленные на улучшение практикума.

В книге 56 таблиц и 82 рисунка.

2-9-7

271—68

## ВВЕДЕНИЕ

## Глава I. ОРГАНИЗАЦИЯ И РАБОТА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

## § 1. Метеорологические станции и посты

Физическое состояние атмосферы характеризуется метеорологическими элементами, которые изменяются во времени и пространстве. Основными метеорологическими элементами, оказывающими большое влияние на хозяйственную деятельность человека, являются солнечная радиация, атмосферное давление, температура и влажность воздуха, ветер, облачность, осадки, температура и влажность почвы, испарение, а также атмосферные явления (туман, метели, грозы и др.).

Для количественной оценки физического состояния атмосферы метеорологические элементы измеряются на метеорологических станциях и постах, оборудованных соответствующими приборами. Посты отличаются от метеорологических станций меньшей оснащенностью и более простой программой наблюдений. Обычно наблюдения на постах проводит один человек.

Метеорологические станции в зависимости от содержания работы подразделяются на основные и специальные. К специальным относятся станции и посты, изучающие отдельные явления погоды и обслуживающие определенные отрасли народного хозяйства, например агрометеорологические станции и посты, предназначенные для обслуживания сельскохозяйственного производства.

На агрометеорологических станциях и постах наряду с основными метеорологическими наблюдениями ведут наблюдения за влажностью, температурой, глубиной промерзания и оттаивания почвы, за испарением и просачиванием воды в почву, за высотой и характером залегания снежного покрова и другими факторами. Одновременно агрометеорологические станции и посты ведут наблюдения за состоянием посевов сельскохозяйственных культур.

На специально выделенных опытных участках или непосредственно на полях культур и совхозов отмечаются даты наступления основных фаз развития культур, степень повреждения их неблагоприятными метеорологическими факторами (заморозками, засухами, суходами, градом и др.), определяется прирост растительной массы, величина урожая и т. д.

Параграфы метеорологические наблюдения и наблюдения за ростом и развитием растений позволяют определить влияние погоды и отдельных метеорологических факторов на рост, развитие и урожай сельскохозяйственных культур.

Для ускоренного изучения влияния метеорологических факторов на развитие и урожай сельскохозяйственных культур агрометеостанциями проводятся посевы одной и той же культуры в пунктах с разными почвенно-климатическими условиями или посевы с различными сроками сева (через 5—10 дней) в одном пункте. Данные таких наблюдений позволяют за короткое время выявить влияние различных условий природы на развитие растений и дать соответствующие практические рекомендации производству.

Агрометеорологические наблюдения проводят также основные метеорологические станции, расположенные в сельских районах.

Все метеорологические станции, в том числе аэрологические, ведущие наблюдения за высокими слоями атмосферы, гидрологические, изучающие режим водоемов, подчиняются Главному управлению гидрометеорологической службы СССР. В состав Гидрометеорологической службы СССР входит оперативные органы (областные и республиканские бюро погоды), а также центральные и местные научно-исследовательские гидрометеорологические учреждения.

Агрометеорологические станции и посты передают результаты своих наблюдений в оперативные органы Гидрометслужбы (метеобюро, обслуживающий и обслуживаемый в ближайшем кооперативе и совхозе сведения о текущем и ожидаемом погоде, предупреждают о наступлении опасных явлений погоды, сообщают об условиях проведения полевых работ (определяют сроки сева) и состоянии посевов.

Данные наблюдений метеорологических станций представляют научную и практическую ценность только в том случае, если они сравнимы между собой. Для обеспечения этого условия все метеорологические станции ведут наблюдения по специальным инструкциям, разработанным Главным управлением гидрометслужбы и согласованным с другими странами, но однотипным приборам и в определенное время.

## § 2. Метеорологическая площадка

Наблюдения за большинством метеорологических элементов проводятся на метеорологической площадке.

Для сравнимости наблюдений очень важно выбрать место для метеорологической площадки и правильно разместить приборы на ней.

Метеорологическая площадка должна быть расположена на ровном, открытом, горизонтальном участке, типичном для данного района, чтобы полученные наблюдения характеризовали соседние территории. Защищенность площадки и наличие неровностей на ней нарушают действительный ход метеорологических элементов.

Метеорологическая площадка имеет форму прямоугольника, стороны которого должны быть направлены с севера на юг и с запада на восток. Размеры площадки зависят от количества установок на ней. Стандартные площадки имеют размеры  $26 \times 26$  м.

площадки с меньшим объемом работы —  $20 \times 16$  м, а агрометеостанции —  $6 \times 5$  м.

Участок, отведенный для метеорологической площадки, огораживают. Изгородь не должна препятствовать обмену воздуха. Поэтому применяют стандартную ограду из металлической сетки (размеры ячеек  $10 \times 20$  см), натянутой на металлические рамы, которые укрепляют между забетонированными в землю трубами. Если стандартной ограды нет, изгородь может быть сделана из проволоки, которую натягивают рядами через  $10—20$  см на деревянные столбы высотой  $1,5$  м. В районах с значительным снежным покровом можно применять редкие штакетные ограды. С северной стороны для входа на площадку должна быть калитка.

Приборы на метеорологической площадке устанавливают в определенном порядке (рис. 1). Чтобы они не затеняли друг друга и не препятствовали свободному обмену воздуха, расстояние между приборами и от ограды до приборной стороны должно быть  $4—6$  м.

С северной стороны площадки размещают более высокие установки: флюгер с легкой доской, флюгер с тяжелой доской и готоледный станок. В виде исключения на некоторых метеорологических станциях флюгер устанавливают на крыше здания. В южной части площадки отводятся оголенные и с естественным покровом участки для почвенных термометров. На участке с естественным покровом устанавливают также мерзлотмер и снегомерную рейку. В средней части площадки размещают психрометрическую будку, будку для самописцев, осадкомер, пловинграф.

Акцинометрические приборы устанавливают в южной части площадки. Все другие приборы и установки размещают на свободных местах, предпочтительно на северной стороне площадки.

Для сохранения естественного покрова на метеорологической площадке хождение допускается по дорожкам шириной  $40—50$  см. Их прокладывают так, чтобы наблюдатель мог подходить к приборам с северной стороны и меньше затрачивать времени на переходы от одной установки к другой. Зимой при равномерном залегании снежного покрова не рекомендуется очищать дорожки от снега. Высота растительного покрова на площадке не должна

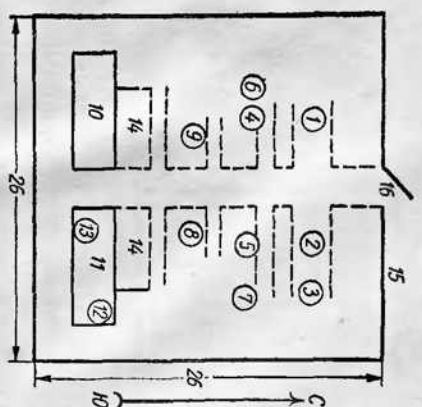


Рис. 1. План метеорологической площадки:

1 — флюгер с легкой доской; 2 — флюгер с тяжелой доской; 3 — готоледный станок; 4 — психрометрическая будка; 5 — будка для самописцев; 6—7 — допозитивные будки; 8 — осадкомер; 9 — пловинграф; 10 — участок для напочвенных и коленчатых термометров; 11 — участок для вытесненных термометров; 12 — мерзлотмер; 13 — снегомерная рейка; 14 — площадка для акцинометрических наблюдений; 15 — ограда; 16 — калитка.



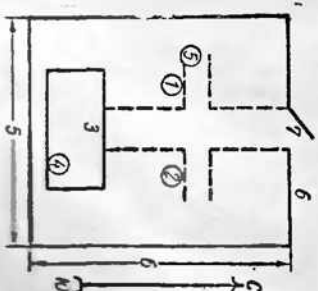


Рис. 2. План метеорологической площадки агрометпосты.

1 — будка Селениона, 2 — осадкомер, 3 — психометрический участок для измерения температуры, 4 — психометрический участок для измерения относительной влажности, 5 — здание для размещения приборов, 6 — ограда, 7 — канализация.

возвышенности и др.), испарение — на полях колхозов и совхозов, атмосферное давление — в служебных помещениях метеорологических станций.

Метеорологические приборы, применяемые на метеостанциях и постах, должны иметь поперечные сечения.

### § 3. Сроки и порядок наблюдений

Для обеспечения сравнимости и однородности результатов наблюдений метеорологических станций необходимо строго соблюдать сроки и порядок наблюдений.

С 1 января 1965 г. наблюдения на всех метеорологических станциях СССР проводятся одновременно в 00, 03, 09, 12, 15, 18 и 21 час по московскому декретному времени и только некоторые станции продолжают вести наблюдения в 01, 07, 13, 19 часов по местному, или среднему солнечному времени (климатологические сроки).

Во все сроки наблюдений измеряют температуру воздуха и почвы, влажность воздуха, направление и скорость ветра, облачность, горизонтальную видимость, атмосферное давление и состояние поверхности почвы. Наблюдения за осадками проводят четыре раза в сутки: в 03, 15 часов по московскому декретному и в 07, 19 часов по местному времени или в сроки, близкие к этому времени. Высоту снежного покрова и глубину промерзания почвы измеряют один раз в утренний срок. Полевые снегомерные съемки проводят через 5 дней. Испарение определяется также один раз в 5 дней, влажность почвы — один раз в 10 дней (на последний день декады). Фенологические наблюдения в большинстве случаев ведутся

превышать 20 см. Скошенную траву немедленно убирают с площадки.

При выборе места для агрометеорологического поста придерживаются всех требований, предъявляемых к метеорологической площадке. Основная установка агрометпоста — будка Селениона, в которую помещают термометры для измерения температуры воздуха, и осадкомер. Термометры для измерения температуры поверхности почвы и датного слоя размещают на оголенном участке. Зимой здесь устанавливают психрометр для измерения относительной влажности воздуха (рис. 2).

Некоторые метеорологические наблюдения проводятся на определенных площадках. Например, высоту снежного покрова измеряют в точках с различным характером подстилающей поверхности (луги, опушки леса, возвышенности и др.), испарение — на полях колхозов и совхозов, атмосферное давление — в служебных помещениях метеорологических станций.

через день, приrost растительной массы учитывается через 10 дней (на последний день декады).

Так как измерения по всем приборам нельзя произвести точно в срок наблюдений, то принято при четырехразовых измерениях (01, 07, 13, 19 часов) точно в сроки отсчитывать показания сухого термометра в психрометрической будке. При восьмизачовых наблюдениях (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 час) температура по сухому термометру отсчитывается за 10 минут, давление воздуха — за 2 минуты до срока наблюдений. Все остальные измерения начнутся за несколько минут до срока и заканчиваются после срока. Общая продолжительность наблюдений составляет 20—30 минут.

На колхозных и совхозных агрометпостях достаточно проводить наблюдения один раз в сутки, но срок наблюдений обязательно должен быть всегда один и тот же и совпадать с одним из сроков наблюдений на метеорологических станциях. Более удобно для этого 09 и 12 часов по московскому декретному времени или 07 и 13 часов по местному времени.

Так как на метеорологических станциях приходится иметь дело с различным временем, то необходимы основные понятия о сущности измерения времени.

### § 4. Понятие о времени

Основой исчисления времени служит движение Солнца по небесному своду, обусловленное вращением Земли вокруг своей оси. Называется оно *истинным солнечным временем*.

Период времени между двумя последовательными прохождениями (кульминациями) солнца через меридиан данного места называется *истинными солнечными сутками*.

Продолжительность истинных солнечных суток в течение года не постоянна, так как кажущееся движение Солнца по небесному своду происходит неравномерно из-за неравномерного вращения Земли вокруг Солнца (Земля движется не по кругу, а по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце) и наклона эклиптики к экватору. Поэтому вместо истинного солнечного времени введено более удобное *среднее солнечное время*. Определяется оно по воображаемому «среднему» Солнцу, которое в отличие от истинного движется равномерно и совершает полный годовой оборот за одно время с «истинным» Солнцем. Соответственно и продолжительность *средних солнечных суток* в течение года остается постоянной и равняется средней величине из всех истинных суток за год.

Таким образом, за единицу измерения времени приняты средние солнечные сутки. Они, в свою очередь, делятся на часы (24 часа), минуты (1 час = 60 минут) и секунды (1 минута = 60 секунд).

Разница между средним и истинным солнечным временем называется «уравнением времени», величина которого в течение года



меняется в пределах от +14 (середина февраля) до -16 минут (начало ноября). В приложении 1 приведенны значения среднего солнечного времени в истинный полдень на каждый день. Например, истинный полдень 10 января будет в 12 часов 07 минут, 10 ноября — в 11 часов 44 минуты по среднему солнечному времени, которое называется также местным временем и используется для метеорологических наблюдений.

Время наступления истинного полудня может быть использовано на практике для определения направления полуденной линии, т. е. направления север-юг. В истинный полдень, тень от вертикально установленного шеста направлена строго по меридиану север-юг\*. Зная направление полуденной линии, можно определить направление дна — восток и промежуточные направления. Эти данные необходимы при разбивке метеорологической площадки, установке приборов на ней, а также для многих работ на полах колодок и спусках (размещение лесных полог, нарезка полей, планировка полей и т. д.).

Среднее солнечное время неудобно, так как с изменением долготы места оно меняется. Полный оборот (360°) Земля совершает за 24 часа. Следовательно, на 1° долготы время изменится на 4 минуты (24 часа : 360), а на 1' долготы — на 4 секунды (4 мин. : 60).

Каждое движение Солнца происходит с постока на запад. Поэтому время увеличивается на восток и уменьшается на запад. Таким образом, для каждого пункта на земном шаре существует свое среднее солнечное, или местное, время. Например, если в Москве ( $\lambda = 37^{\circ}33'$ ) 12 часов по местному времени, то в Оренбурге, расположенном восточнее на  $17^{\circ}33'$  ( $\gamma = 55^{\circ}06'$ ), будет 13 часов 10 минут (4 мин.  $\times$  17 + 4 сек.  $\times$  33).

В быту в настоящее время принято *полное время*.

Сущность полного времени заключается в следующем. Весь земной шар разделен меридиальными плоскостями на 24 пояса, по 15° в каждом. Разделение это произведено из того расчета, что на каждые 15° время меняется на 1 час (4 мин.  $\times$  15). За центральный меридиан каждого пояса берется меридиан, кратный 15. Границы между поясами теоретически должны проходить по меридианам, лежащим на  $7^{\circ}30'$  к востоку и западу от центрального меридиана. Практически же при проведении границ учитываются государственные границы и административные деления внутри государств.

Счет поясов ведется от 0 до 23, причем за нулевой пояс принят тот, центральный меридиан которого проходит через Гринвич (нулевой меридиан). К востоку от Гринвича номера поясов увеличиваются.

\* Для определения направления север-юг не рекомендуется пользоваться компасом, так как его стрелка указывает направление на магнитный полюс, а не на географический. Кроме того, стрелка может давать отклонения из-за близи железных предметов.

Среднее солнечное, или местное, время центрального меридиана распространяется на весь часовой пояс и называется *поясным временем*. Так, поясным временем в нулевом поясе является местное время нулевого меридиана, в первом поясе — 15-го меридиана, во втором поясе — 30-го меридиана и т. д. При переходе из одного пояса в другой время меняется на один час. В результате этого, если известно время одного пояса, легко определить поясное время любого пояса. Разность во времени соответствует разности в номерах поясов.

В СССР в целях наиболее рационального использования светлого времени на основании декрета Совета Народных Комиссаров от 16 июля 1930 г. введено *декретное время*, которое в отличие от поясного в каждом поясе на час больше.

Декретное время второго пояса называется декретным *московским временем*. По нему и производят наблюдения на метеорологических станциях.

В связи с тем что метеорологические наблюдения проводят по местному и декретному московскому времени в ряде случаев возникает необходимость перехода от декретного времени к местному. Для этого надо знать долготу (например,  $\lambda = 36^{\circ}15'$ ) и время своего пояса (декретное время 13 часов 35 минут). Расчеты можно проводить по следующей форме.

1. Определяют поясное время уменьшением декретного на 1 час (13 час. 35 мин. — 1 час = 12 час. 35 мин.).
2. Определяют номер часового пояса. Номер пояса высчитывается делением долготы места на 15 ( $36^{\circ}15' : 15 = 2$ ).
3. Определяют центральный меридиан. Это делается умножением 15° на номер пояса ( $15^{\circ} \times 2 = 30^{\circ}$ ).
4. Определяют разницу в долготе центрального меридиана и данного места ( $36^{\circ}15' - 30^{\circ} = 6^{\circ}15'$ ) и, пользуясь соотношением: 1° дуги соответствует 4 минутам, 1' дуги — 4 секундам, переводят эту разницу во время (4 мин.  $\times$  6 + 4 сек.  $\times$  15 = 25 мин.).
5. Для определения местного времени полученную разницу во времени прибавляют или отнимают от поясного времени в зависимости от расположения данного пункта по отношению к центральному меридиану (12 час. 35 мин. + 25 мин. = 13 час., данный пункт расположен восточнее центрального меридиана).

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

## ГЛАВА II. ИЗМЕРЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

## ЗАДАНИЕ

1. Дать определение видов солнечной радиации и методов измерения их.
2. Изучить устройство термомолярного актиометра, провести измерения прямой солнечной радиации и рассчитать интенсивность ее на перпендикулярную и горизонтальную поверхности.
3. Изучить устройство термомолярного пиранометра, измерить интенсивность суммарной и рассеянной радиации, а также вычислить интенсивность прямой радиации на горизонтальную поверхность.
4. Изучить устройство пологого термомолярного альбедометра и определить отражательную способность двух различных по цвету поверхностей.
5. Изучить устройство балансомера, измерить радиационный баланс джетыльной поверхности и обработать полученные результаты.
6. Изучить устройство гелиографа, установить его и обработать ленту гелиографа.

## § 5. Виды солнечной радиации и единицы измерения

Солнечная радиация является одним из важнейших метеорологических элементов. Жизнь на Земле во всем многообразии обусловлена солнечной радиацией. Особенно важную роль играет солнечная радиация в биологических процессах.

Рост и развитие растений происходят в результате использования тепла и света. Поэтому сельскохозяйственное производство возможно при определенном минимуме солнечной радиации. Так как для растений важно не только количество, но и качество солнечной радиации, то в сельском хозяйстве необходимо учитывать как радиационный баланс в целом, так и отдельные виды радиации.

*Прямая солнечная радиация* ( $S$ ) — это часть солнечной энергии, доходящая до земной поверхности в виде пучка параллельных лучей.

Интенсивность прямой солнечной радиации измеряется количеством тепла в калориях, поступающего в 1 минуту на 1 см<sup>2</sup> абсолютно черной поверхности, перпендикулярной солнечным лучам. В Международной системе единицы интенсивность солнечной радиа-

ции выражается в джоулях на 1 м<sup>2</sup> в сек.: 1 кал/см<sup>2</sup> мин = 700 Дж/м<sup>2</sup> сек.

Интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность ( $S_1$ ) вычисляют по формуле:

$$S_1 = S \sin h, \quad (1)$$

где  $S$  — интенсивность прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность,

$S_1$  — интенсивность солнечной радиации на горизонтальную поверхность,

$h$  — высота солнца над горизонтом.  $15^\circ$ .

Часть солнечной энергии, которая поступает на земную поверхность после рассеяния солнечной радиации атмосферой и взвешенными в ней частицами, называется *рассеянной радиацией* ( $D$ ).

Интенсивность рассеянной радиации измеряется количеством тепла в калориях, поступающего на 1 см<sup>2</sup> абсолютно черной горизонтальной поверхности в 1 минуту, или выражается в процентах по отношению к прямой солнечной радиации.

Сумма прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность, называется *суммарной радиацией* ( $Q$ ):

$$Q = S_1 + D. \quad (2)$$

Суммарная радиация составляет приходную часть радиационного баланса подстилающей поверхности.

Часть суммарной радиации, отраженной от земной поверхности, называется *отраженной радиацией* ( $R$ ).

Отраженная радиация измеряется количеством тепла в калориях, поступающего на 1 см<sup>2</sup> абсолютно черной горизонтальной поверхности, обращенной к Земле, в 1 минуту.

На практике измеряют чаще отражательную способность, или альбедо ( $A$ ).

Альбедо называется отношение интенсивности отраженной радиации к суммарной, выраженное в процентах:

$$A = \frac{R}{Q} 100. \quad (3)$$

Нагреваясь за счет солнечной радиации, поверхность Земли и ее атмосфера излучают тепло. В отличие от солнечной радиации излучение происходит в виде длинноволновой радиации. В результате непрерывного излучения Земли и атмосферы в каждый данный момент представляется возможность определить только разность между излучением земной поверхности ( $E_3$ ) и излучением атмосферы ( $E_a$ ). Эта разность называется *эффективным излучением* ( $E$ ):

$$E = E_3 - E_a. \quad (4)$$

Интенсивность эффективного излучения измеряется в калориях на 1 см<sup>2</sup> абсолютно черной горизонтальной поверхности в 1 минуту.



Отраженная радиация и эффективное излучение представляют собой расходную часть радиационного баланса поглощающей поверхности.

*Радиационный баланс* ( $B$ ) поглощающей поверхности в каждый данный момент равен разности между приходом и расходом радиации:

$$B = S_1 + D - R - E$$

или

$$B = (S_1 + D)(1 - A) - E. \quad (5)$$

## § 6. Методы измерения солнечной радиации

Для измерения интенсивности солнечной радиации применяются различные актинометрические приборы.

Различают *абсолютные* и *относительные* актинометрические приборы. По абсолютным приборам показания снимают сразу в тепловых единицах, а по относительным — в относительных. Поэтому для таких приборов необходимо знать переводные множители для перехода к тепловым единицам.

Абсолютные приборы по устройству и обращению довольно сложны и не имеют массового распространения. Применяются они преимущественно для сравнения данных, полученных по относительным приборам. Устройство абсолютных приборов основано на компенсационном методе.

Для измерения интенсивности солнечной радиации компенсационным методом берут два одинаковых по качеству и площади приемника 1, 2 (рис. 3). Сверху приемники закрашены сажей или платиновой чернью, снизу покрыты изоляционным слоем, к которому поджигены спай термомпары из меди и константана. Возникающий в цепи термоток регистрируется гальванометром 3. К одному из приемников (на рис. 3 к приемнику 2) присоединена вторая цепь, в которую входят батарея 4, реостат 5 и амперметр 6.

При измерении один приемник облучается солнечной радиацией, а другой, закрытый экраном от солнечных лучей, нагревается электрическим током. В результате разности температур приемников в цепи возникает термоток. С помощью реостата во второй цепи подбирается такая сила тока, чтобы термоток в первой цепи исчез. В это время приемники будут получать одно и то же количество тепла. Зная количество тепла, затраченное на нагревание второго приемника электрическим током, можно определить интенсивность солнечной радиации, падающей на первый приемник.

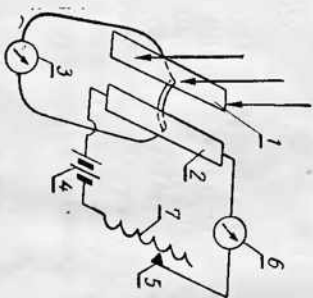


Рис. 3. Схема компенсационного приемника.

Количество тепла ( $Q_1$ ), полученное первым приемником, пропорционально интенсивности солнечной радиации ( $S$ ):

$$Q_1 = S \delta s, \quad (6)$$

где  $\delta$  — поглощательная способность приемника;

$s$  — площадь приемника.

Количество тепла, получаемое вторым приемником в 1 минуту ( $Q_2$ ), по закону Джоуля—Ленца можно выразить формулой:

$$Q_2 = 0,24 \cdot r \cdot i^2 \cdot 60, \quad (7)$$

где  $r$  — сопротивление проводника;

$i$  — сила тока.

Так как приемники получили одно и то же количество тепла, то  $Q_1 = Q_2$  или  $S \delta s = 0,24 \cdot r \cdot i^2 \cdot 60$ . Из этого равенства находим:

$$S = \frac{0,24 \cdot r \cdot 60}{\delta s} i^2.$$

Обозначив постоянные величины через  $A$ , получим:

$$S = A i^2. \quad (8)$$

Величина  $A$  дается в поверочном свидетельстве прибора.

Таким образом, для определения интенсивности солнечной радиации компенсационным методом надо измерить силу тока в момент, когда гальванометр в первой цепи установится на нуле.

В относительных приборах чаще всего используется термоэлектрический метод. При этом интенсивность солнечной радиации определяется по силе термотока, возникающего в результате разности температур спаев.

Приемником термоэлектрических приборов (рис. 4) служат термобатареи из меди — константана. Разность температур спаев создается в результате различной поглощательной способности разнородных спаев. Спай 1 покрывается платиновой чернью или сажей, а спай 2 — окисью магния. В результате разности температур спаев в цепи возникает термоток, который измеряется гальванометром 3. Разность температур разнородных спаев может быть достигнута также путем термодиффузии одних и облучения солнечной радиацией других спаев (рис. 5).

Так как разность температур спаев обуславливается падающей солнечной радиацией, то интенсивность ее будет пропорциональна силе термоэлектрического тока:

$$S = kN, \quad (9)$$

где  $N$  — отклонение стрелки гальванометра;

$k$  — переводной множитель в кал/см<sup>2</sup>·мин.

Для выражения интенсивности солнечной радиации в тепловых единицах необходимо показания гальванометра умножить на пере-

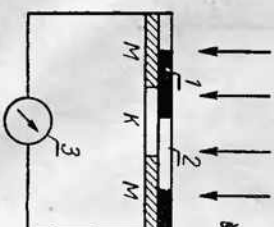


Рис. 4. Схема термоэлектрического приемника.

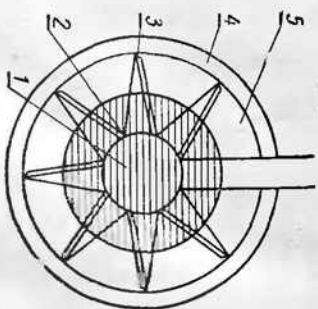


Рис. 5. Схема термоэлектрической дошки актинометра.

дающей поверхности здесь рассматриваются только термоэлектрические приборы.

Приборы для измерения интенсивности прямой солнечной радиации называются актинометрами, для измерения интенсивности рассеянной и суммарной радиации — пиранометрами. Отражательную способность измеряют альбедометрами, а радиационный баланс — бальнеометрами. Продолжительность солнечного сияния в часах измеряют гелиографом.

#### ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТИНОМЕТР АТ-50

Устройство актинометра. Приемником актинометра является диск 1 из серебряной фольги (рис. 5). Со стороны, обращенной к солнцу, диск по чернен, а с другой стороны к нему подклеены через изоляционную бумажную прокладку внутренние спай 2 термоэлемента из манганина и константана, состоящие из 36 термоэлементов (на схеме показано только 7 термоэлементов). Внешние спай 3 термоэлемента через изоляционную бумажную прокладку 5 подклеены к медному диску 4, последний помещается в массивном медном корпусе со скобами, к которым присоединены выводы термопары и мягкие провода 6 (рис. 6).

Корпус со скобами закрыт кожухом 7, закрепленным гайкой 8, и соединен винтом 10 с медной трубкой 9. Внутри трубки имеется пять диафрагм, расположенных в порядке уменьшения их диаметра от 20 до 10 мм по направлению к корпусу. Диафрагмы удерживаются плоской и пружинящей шайбами, установленными между корпусом и наименьшей диафрагмой. С внутренней стороны диафрагмы зачернены.

На концах трубки расположены кольца 12 и 13 для напеливания актинометра на солнце. На кольце 13 есть отверстие, а на кольце 12 — точка. При правильной установке пучок света, проходящий через отверстие, должен точно падать на точку кольца 12. Трубка закрывается съемной крышкой 11, которая служит для

водной множитель, который получается путем сравнения показаний термоэлектрических приборов с абсолютными и указывается в паспорте прибора.

#### § 7. Приборы для измерения солнечной радиации

На метеорологических станциях и в полевых условиях наиболее часто применяются термоэлектрические приборы. Они просты по устройству и обладают малой инерцией (15—35 секунд). Поэтому для измерения всех видов солнечной радиации и радиационного баланса подстанции рассматриваются только термоэлектрические приборы.

определения нулевого положения гальванометра и защищает приемник от загрязнения.

Трубка 9 соединяется со стойкой 14—15, укрепленной на плато 16, параллактическим штативом 17. Для установки оси штатива соответственно широте места имеется шкала 18 с делениями и риска 19. Наклон оси штатива производится ослаблением винта 20.

На плато расположены три целика 21 для ориентировки по меридиану. Актинومتر напеливают на солнце поворотом трубки, трение которой регулируется винтом 23 и вращением рукоятки 22. Установка. Прибор устанавливается на горизонтальной площадке. Ослаблением винта 20 ось 17 поворачивают до совмещения широты места с риской 19. Затем актинометр закрепляют на подставке так, чтобы север находился от стойки к целикам 21. После этого провода актинометра при открытой крышке 11 присоединяют к клеммам гальванометра (+) и (с) с освобожденным арретиром.

Если стрелка гальванометра уходит за нуль, провода меняют местами.

Наблюдения по актинометру начинают с установки его приемника перпендикулярно солнечным лучам. Для этого снимают крышку актинометра 11 и вращением рукоятки 22 устанавливают прибор так, чтобы пучок света через отверстие на кольце 13 попал на точку кольца 12.

После этого крышку закрывают и производят отсчет нулевого положения по гальванометру ( $n_0$ ). Затем снимают крышку, проверяют точность напеливания на Солнце и снимают показания гальванометра 3—5 раз с интервалом в 10—15 секунд ( $n_1, n_2, n_3$ ).

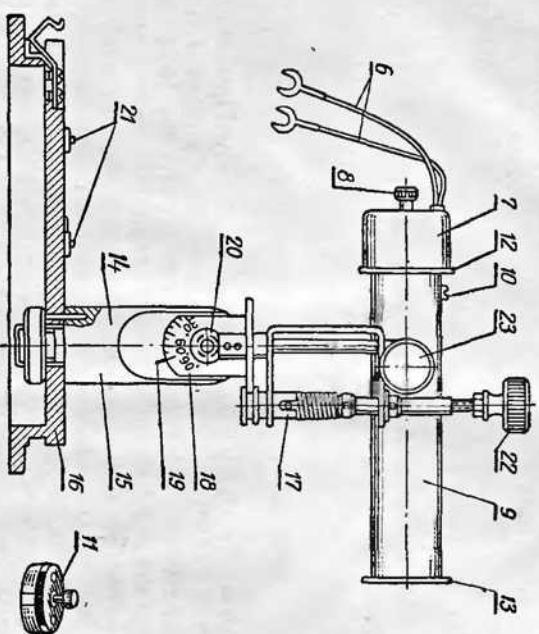


Рис. 6. Термоэлектрический актинометр АТ-50.



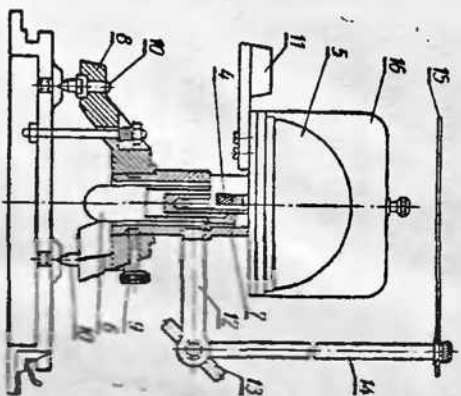


Рис. 7. Термоэлектрический пирометр.

Время наблюдений записывается с точностью до 1 минуты. По окончании серии отсчетов вторично отчитывают место нуля ( $n^2$ ) и температуру по гальванометру ( $t$ ). После наблюдений прибор закрывают крышкой футляра.

Обработка наблюдений начинается с вычисления средних значений: 1) отклонения стрелки гальванометра из трех отсчетов  $n = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$  и 2) нулевого показания его из двух отсчетов  $n^0 = \frac{n_1^0 + n_2^0}{2}$ .

В среднее значение показаний гальванометра ( $n$ ) вводят шкальную поправку ( $\Delta n$ ) из поверочного свидетельства гальванометра и получают исправленное показание гальванометра:  $\bar{n} = n \pm \Delta n$ .

Затем определяют фактическое отклонение стрелки гальванометра ( $N$ ). Оно равно разности исправленного и нулевого показаний:  $N = \bar{n} - n^0$ .

Для выражения интенсивности солнечной радиации в ккал/см<sup>2</sup>·мин необходимо показания гальванометра ( $N$ ) умножить на переводной множитель ( $k$ ), указанный в поверочном свидетельстве:

$$S = kN.$$

Интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность рассчитывают по формуле (1):

$$S_1 = S \sin h.$$

#### ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПИРАНОМЕТР П-3×3

Устройство пирометра (рис. 7). Приемной частью пирометра является термоэлектрическая батарея 1, состоящая из 87 термоэлементов из манганина и константана. Полоски манганина и константана длиной 10 мм и шириной около 1 мм последовательно спаяны между собой и уложены в квадрате  $3 \times 3$  см так, что спай располагается в середине и на поворотах. С внешней стороны поверхность термобатарей покрыта сажой и магнетизей. Четыре спая окрашены в один цвет, а нечетные — в другой. Спай располагаются так, что участки белой и черной окраски чередуются в шахматном порядке. Через изоляционную бумажную про-

кладку термобатарей прикреплена к ребрам плитки 2, приемной к корпусу 3.

Термосток и цепи возникают в результате разности температур черных и белых спай. Выводы из термобатарей подсоединены к клеммам 4, к которым присоединяются провода для измерения силы термотока по гальванометру.

Сверху корпус закрыт стеклянным полусферическим колпаком 5 для защиты термобатарей от ветра и осадков. Для предохранения термобатарей и стеклянного колпака от возможной конденсации водяного пара на нижней части корпуса имеется стеклянная сушилка 6 с химическим поглотителем (металлический натрий, силикагель и др.).

Корпус с термобатарей и стеклянным колпаком составляют головку пирометра, которая привинчена к стойке 7, зажатой в треноге 8 винтом 9. Тренога укреплена на основании футляра и имеет два установочных винта 10. При измерении рассеянной или суммарной радиации пирометр вращением винтов 10 устанавливается горизонтально по уровню 11, который прикреплен на стержне к головке пирометра.

Для затенения головки пирометра от прямых солнечных лучей на горизонтальном стержне 12 винтом 13 прикрепляется трубка 14, заканчивающаяся штиком 15, диаметр которого равен диаметру стеклянного колпака.

При затенении приемника пирометра штиком измеряется рассеянная, а без затенения — суммарная радиация.

Для определения нулевого положения гальванометра, а также для защиты стеклянного колпака от повреждения головку пирометра закрывают металлической крышкой 16.

Установка. Прибор устанавливают на открытой площадке. Перед наблюдением проверяют наличие осушителя в стеклянной сушилке. Она должна быть заполнена осушителем на одну треть. После этого трубку 14 со штиком 15 присоединяют к стержню 12 по высоте солнца и зажимают винтом 13.

К солнцу пирометр поворачивают всегда одной и той же стороной, отмеченной номером на головке. Для поворота головки пирометра номером к солнцу слегка ослабляют винт 9, а потом закрепляют его.

Горизонтальность термобатарей проверяют по уровню 11 и в случае нарушения ее регулируют установочными винтами 10.

Гальванометр для измерения силы термотока устанавливают с северной стороны от пирометра на таком расстоянии, чтобы наблюдатель при отсчетах не затенял пирометр не только от прямых солнечных лучей, но и от участка неба. Правильность подключения пирометра к гальванометру проверяют при снятой крышке пирометра и освобожденном арретире гальванометра. При отклонении стрелки за нуль шкалы провода меняют местами.

Наблюдения. Непосредственно перед наблюдением проверяют правильность установки прибора по уровню и относительно

солнца. Для отсчета нулевого положения гальванометра головку пиранометра закрывают крышкой 16 и записывают показания гальванометра ( $n^0$ ) и время наблюдений. После этого крышку пиранометра снимают и делают серию отсчетов (3—5) с интервалом 10—15 секунд.

В начале отсчитывают показания гальванометра при затененном пиранометре для определения рассеянной радиации ( $n_1, n_2$ ) потом — при незатененном положении (цифок ослаблением винта 13 откидывается) для определения суммарной радиации ( $n_3, n_4, n_5$ ). Сразу же после отсчета суммарной радиации цифок устанавливают на место и еще раз берут отсчеты для рассеянной радиации ( $n_6, n_7$ ).

По окончании серии отсчетов головку пиранометра закрывают и по истечении времени, соответствующему инерции прибора, вторично отсчитывают место нуля ( $n^0_2$ ) и температуру по гальванометру. После наблюдений трубку со штиком отвинчивают, а пиранометр закрывают колпачком футляра.

Обработка наблюдений. Прежде всего определяют средние из серии отсчетов по гальванометру для каждого вида радиации.

Для рассеянной радиации среднее отклонение гальванометра ( $n_D$ ) вычисляют из четырех отсчетов:  $n_D = \frac{n_1 + n_2 + n_6 + n_7}{4}$ , а

для суммарной радиации ( $n_Q$ ) — из трех отсчетов:  $n_Q = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{3}$ .

Затем в средние значения  $n_D$  и  $n_Q$  вводят шкаловые поправки  $\Delta n$  из поверочного свидетельства гальванометра и получают исправленные значения ( $\bar{n}_D$ ) и ( $\bar{n}_Q$ ):

$$\bar{n}_D = n_D \pm \Delta n \quad \text{и} \quad \bar{n}_Q = n_Q \pm \Delta n.$$

Для вычисления фактических отклонений по гальванометру ( $N_D$  и  $N_Q$ ) необходимо из исправленных значений ( $\bar{n}_D$ ) и ( $\bar{n}_Q$ ) отнять нулевое показание гальванометра, среднее из двух отсчетов ( $n^0 = \frac{n^0_1 + n^0_2}{2}$ ):

$$N_D = \bar{n}_D - n^0 \quad \text{и} \quad N_Q = \bar{n}_Q - n^0.$$

Полученные значения отклонений по гальванометру  $N_D$  и  $N_Q$  используют для определения рассеянной и суммарной радиации в тепловых единицах.

Для определения интенсивности рассеянной ( $D$ ) и суммарной радиации ( $Q$ ) в кал/см<sup>2</sup>мин необходимо показания гальванометра  $N_D$  и  $N_Q$  умножить на переводной множитель ( $k$ ):

$$D = kN_D \quad \text{и} \quad Q = kN_Q.$$

Переводной множитель указывается в поверочном свидетельстве пиранометра.

При небольших высотах солнца над горизонтом (менее 20°) вводится еще поправочный множитель ( $F_n$ ) на зависимость чувствительности пиранометра к радиации, падающей перпендикулярно на термобатарею пиранометра. Этот поправочный множитель приводится в поверочном свидетельстве в форме графика: по оси абсцисс дана высота солнца над горизонтом, а по оси ординат — величина поправочного множителя.

С учетом поправочного множителя на высоту солнца суммарная радиация определяется по формуле:

$$Q = k[(N_Q - N_D)F_n - N_D].$$

При наблюдениях по пиранометру может быть вычислена и интенсивность прямой радиации на горизонтальную поверхность как разность суммарной и рассеянной радиации:

$$S_1 = Q - D.$$

#### ПОХОДНЫЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АЛЬБЕДОМЕТР АП-3×3 КОНСТРУКЦИИ ЯНИЦЕВСКОГО

Отражательная способность, или альбедо, выражается отношением отраженной радиации к суммарной. Поэтому приборы для измерения отражательной способности должны иметь приспособления для установки приемника вверх для измерения радиации, приходящей от Солнца и неба, и вниз для измерения радиации, отраженной от Земли.

Устройство альбедометра (рис. 8). Приемник прибора — головка пиранометра 1, привинчена на втулке 2 к трубке 3 с карданным подвесом 4. К нему сбоку привинчена рукоятка 5. Поворотом рукоятки на 180° приемник может быть обращен и вверх и вниз. Чтобы трубка была в отвесном положении, внутри нее на стержне скользит свинцовый груз, который при поворотах прибора всегда передвигается вниз. Для смягчения ударов при повороте прибора на концах трубки подложены резиновые прокладки 6. Головка альбедометра, так же как и пиранометра, закрывается металлической крышкой.

В разобранном виде прибор крепится на основании металлического футляра.

Установка. Перед наблюдениями с основания футляра снимают головку, трубку, рукоятку и свинчивают между собой: го-

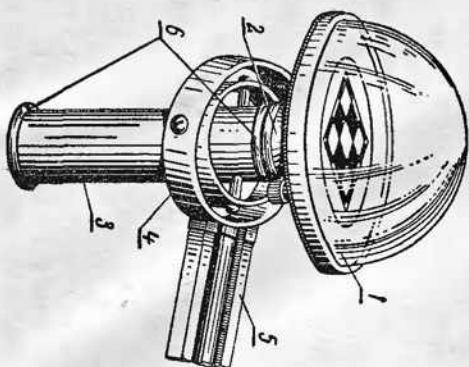


Рис. 8. Походный альбедометр АП-3×3.



ловку привинчивают к трубке, а рукоятку — к карданному подвесу. Для исключения радиации, которую может отражать сам наблюдатель, в рукоятку вставляют деревянную ручку длиной около 2 м. Альбедометр подсоединяют мягкими проводами к гальванометру на клеммы (+) и (с). Присоединение производится при открытом приемнике и осью обожженного арретире гальванометра. Если стрелка гальванометра уходит за нуль, то провода меняют местами.

Во время наблюдений приемник альбедометра устанавливают на высоте 1 м над достигающей поверхностью. При измерении суммарной радиации головку альбедометра поворачивают номером к солнцу.

Наблюдения по альбедометру начинают с определения места нуля гальванометра. Для этого головку альбедометра закрывают крышкой и отсчитывают показания гальванометра ( $n^0$ ) и время наблюдений. По истечении времени, соответствующему инерции прибора, крышку открывают и берут серию (3—5) отсчетов через 10—15 секунд для каждого вида радиации.

Сначала снимают показания гальванометра в положении головки альбедометра вверх ( $n_1, n_2, n_3$ ). Затем прибор поворачивают и, выждав время инерции прибора, делают отсчеты при положении головки вниз ( $n_4, n_5, n_6$ ). В первом случае измерялась суммарная радиация, во втором — отраженная.

После серии отсчетов головку закрывают крышкой и через промежуток времени, равный инерции прибора, отмечают вторично место нуля ( $n^0$ ) и температуру гальванометра.

Обработка наблюдений начинается с определения средних из серии отсчетов по гальванометру для каждого вида радиации и нулевого положения.

Для суммарной радиации среднее показание гальванометра  $n_Q = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$ , для отраженной радиации  $n_R = \frac{n_4 + n_5 + n_6}{3}$  и  $n^0 = \frac{n^0 + n^0}{2}$ .

В средние значения показаний гальванометра ( $n_Q$  и  $n_R$ ) вводят шкаловые поправки ( $\Delta n$ ) из поверочного свидетельства гальванометра и получают исправленные значения  $\bar{n}_Q$  и  $\bar{n}_R$ :

$$\bar{n}_Q = n_Q \pm \Delta n \quad \text{и} \quad \bar{n}_R = n_R \pm \Delta n.$$

Фактические отклонения гальванометра ( $N_Q$  и  $N_R$ ) представляют собой разность между исправленным и нулевым показаниями:

$$N_Q = \bar{n}_Q - n^0 \quad \text{и} \quad N_R = \bar{n}_R - n^0.$$

Умножив фактические отклонения гальванометра ( $N_Q$  и  $N_R$ ) на переводной множитель ( $k$ ), можно определить интенсивность суммарной и отраженной радиации в тепловых единицах.

Так как отражательная способность (альбедо) выражается отношением суммарной радиации к отраженной, то переводной множитель ( $k$ ) при расчетах сокращается:

$$A = \frac{Q}{R} \cdot 100 = \frac{N_R k}{N_Q k} \cdot 100.$$

Поэтому альбедо вычисляется как отношение фактических отклонений гальванометра при измерении суммарной и отраженной радиации в процентах:

$$A = \frac{N_R}{N_Q} \cdot 100.$$

Альбедометр является наиболее универсальным прибором: при наличии переводного множителя им можно определять суммарную радиацию, рассеянную и отраженную, а также рассчитывать прямую радиацию на горизонтальную поверхность. При наблюдениях за рассеянной радиацией необходимо применять затенитель для защиты приемника от прямых солнечных лучей. Устанавливается он на специальном шесте перпендикулярно солнечным лучам на расстоянии 0,9—1,0 м от альбедометра.

#### БАЛАНСОМЕР ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ М-10

Балансомер М-10 применяется для измерения радиационного баланса подстилающей поверхности или остаточной радиации, которая представляет собой алгебраическую сумму всех видов радиации, падающих на приемник прибора. В приходящую радиацию входят прямая радиация на горизонтальную поверхность ( $S_1$ ), рассеянная радиация от солнца и неба ( $D$ ) и излучение атмосферы ( $E_a$ ). Расходная часть радиационного баланса, или уходящая радиация, представляет собой отраженную радиацию ( $R$ ) и излучение Земли ( $E_g$ ).

Действие балансомера основано на преобразовании потоков радиации в термоэлектродвижущую силу при помощи термобатарей.

Возникающая в термобатарее электродвижущая сила пропорциональна разности температур между верхним и нижним приемниками балансомера. Так как температура приемников зависит от падающей и уходящей радиации, то и электродвижущая сила будет пропорциональна разности потоков радиации, падающей сверху и снизу на приемники.

Радиационный баланс ( $B$ ) при измерении балансомером выражается уравнением:

$$B = ka_p N, \quad (10)$$

где  $k$  — переводной множитель (указывается в поверочном свидетельстве);

$N$  — показания гальванометра;

$a_p$  — поправочный множитель, зависящий от скорости ветра.

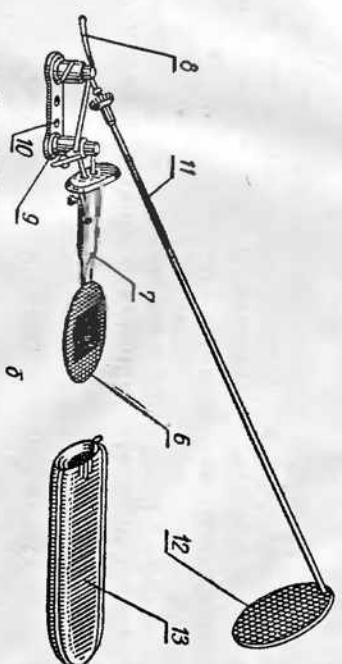
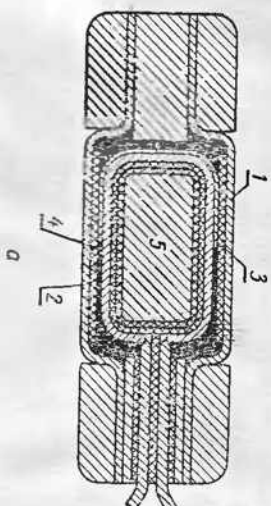


Рис. 9. Термозлектрический балансмер М-10.

На показания балансомера оказывает влияние скорость ветра. Поэтому при определении радиационного баланса необходимо знать поправочный множитель  $a_v$  (табл. 1).

| Таблица 1                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Скорость ветра (м/сек) . .            | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 10   | 12   |  |
| Поправочный множитель $a_v$ . . . . . | 1,00 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,13 | 1,15 | 1,17 | 1,19 | 1,22 | 1,25 |  |

Показания балансомера, умноженные на поправочный множитель, приводятся к «штилевым» условиям.  
Устройство балансомера (рис. 9). Основная часть прибора — верхний и нижний приемники, представляющие собой две медные тонкие (0,04 мм), зачерненные с внешней стороны пластинки 1 и 2, имеющие форму квадрата со стороной 48 мм.

К пластинкам через изолирующие бумажные прокладки приклеены спай термоэлементов 3, 4, которые образуются витками константановой ленты. Половина каждого витка почернена. Настантановой ленты сечением  $0,8 \times 0,003$  мм через изоляционную бумажную прокладку намотаны на медный брусок 5. Всего на

бруске наматывается 35 или 50 витков термоэлементов. Батарея состоит из 10 таких брусков и помещается в корпусе 6, имеющем форму диска диаметром 96 мм и толщиной 4 мм. Корпус соединен с рукояткой 7, через которую пропущены выводы 8 от термобатарей. Балансомер с помощью шаровых шарниров 9 устанавливается на панелике 10. К панелике присоединяются также на шарнирах стержень 11 с экраном 12, который защищает приемник от попадания прямых солнечных лучей. При применении экрана на стержне, видимого из центра приемника под углом  $10^\circ$ , прямая солнечная радиация исключается из показаний балансомера, что повышает точность измерений, но в этом случае интенсивность прямой солнечной радиации необходимо измерять отдельно актинометром. Чехол 13 защищает балансомер от осадков и пыли.

Установка. Прибор прикрепляется панелькой к деревянной рейке на высоте 1,5 м от земли. Приемник его поворачивают горизонтально. Выводы из термобатарей подключают к гальванометру.

В большинстве случаев балансомер затеняют щитком от прямой солнечной радиации. Поэтому на одной рейке с балансомером для измерения прямой солнечной радиации устанавливают актиномер.

Для учета влияния скорости ветра на уровне балансомера и на небольшом расстоянии от него устанавливают ветромер.  
Наблюдения по балансомеру закладываются в определении показаний гальванометра. Место нуля по гальванометру отсчитывают при подключении к нему манганинового провода с сопротивлением, близким сопротивлению термобатарей балансомера (40—50 ом).

Для более точного определения радиационного баланса делают серию отсчетов ( $n_1, n_2, n_3$ ) по гальванометру. После этого еще раз определяют место нуля и отсчитывают температуру гальванометра. Между наблюдениями балансомер закрывается чехлом.

При каждом отсчете по гальванометру определяют скорость ветра по ветромеру ( $v_1, v_2, v_3$ ).

Если балансомер установлен со щитком, то после отсчетов по балансомеру снимают серию показаний по актинометру.

Обработка наблюдений. Из серии отсчетов определяют среднее значение отклонения гальванометра  $n = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$  и среднюю скорость ветра  $v = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}$ .

В среднее значение отклонения гальванометра вводят шкаловую поправку ( $\Delta n$ ) из поверочного свидетельства. Определяется она по температуре гальванометра. Исправленное значение гальванометра  $\bar{n} = n \pm \Delta n$ . Фактическое отклонение гальванометра ( $N$ ) определяется как разность между исправленным значением ( $\bar{n}$ ) и нулевым показанием ( $n_0$ ):

$$N = \bar{n} - n_0.$$



Для определения интенсивности радиации по балансометру («баланса» без прямой солнечной радиации  $B - S_1$ ) в тепловых единицах необходимо фактическое отклонение гальванометра умножить на переводной множитель ( $k$ ) и поправочный множитель ( $a_v$ ):

$$B - S_1 = k a_v N.$$

Поправочный множитель ( $a_v$ ) находят по средним данным скорости ветра ( $v$ ) (см. табл. 1).

После определения по актинометру интенсивности солнечной радиации на горизонтальную поверхность ( $S_1$ ) можно рассчитать радиационный баланс ( $B$ ):

$$B = k a_v N + S_1.$$

Определение прямой солнечной радиации по актинометру см. страницы 14—16.

### ГЕЛИОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

Универсальный гелиограф служит для регистрации продолжительности солнечного сияния, т. е. промежутков времени, в течение которых светит солнце.

Принцип действия гелиографа основан на прожигании бумажных лент солнечными лучами, собранными в фокусе стеклянного шара.

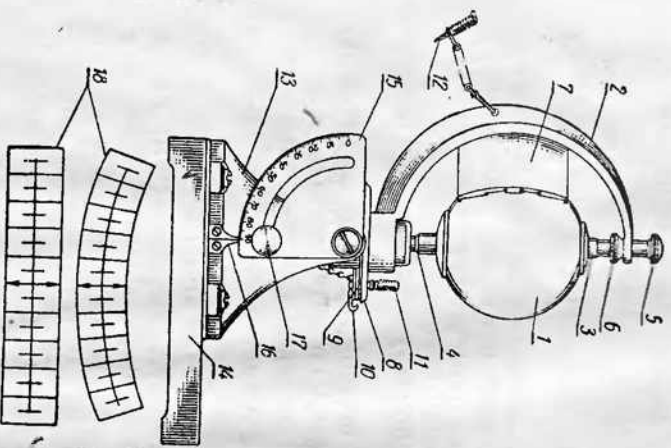


Рис. 10. Гелиограф универсальный.

Устройство гелиографа (рис. 10). Основной частью гелиографа является стеклянный шар 1 диаметром 98 мм, укрепленный в дугообразном держателе 2 сферическими шайбами 3 и 4, винтом 5 и контргайкой 6.

На расстоянии главного фокуса от шара на дугообразном держателе укреплен сферический экран 7, на внутренней стороне которого имеется три пары желобков для закладывания бумажных лент 18, имеющих деления в часах и минутах.

Правильность закладки лент проверяется по контрольному проколу, производимому шпиглом 12. Когда светит солнце, его лучи, собранные в фокусе, попадают на бумажную ленту и прожигают ее.

В нижней части дугообразного держателя укреплен диск 8

с четырьмя круглыми отверстиями и нанесенными около них буквами  $A, B, V, Г$ . Шар вместе с дугообразным держателем, экраном и диском может вращаться вокруг вертикальной оси относительно лимба 9 с укрепленным на нем неподвижным указателем 10. Отверстия с буквами и неподвижный указатель служат для ориентирования шара относительно солнца.

Любое из четырех положений шара фиксируется коническим шпиглом 11. При повороте шара на юг диск укреплается в положении  $B$ , на восток — в положении  $A$ , на запад — в положении  $V$  и на север — в положении  $Г$ . Лимб 9 крепится на двух вертикальных стойках 13 к чугунному основанию 14. Гелиограф устанавливают соответственно широте места по шкале широт 15 и неподвижному указателю 16. Шкала широт в положении, соответствующем широте места, фиксируется винтом 17.

На широтах 40—55° применяются гелиографы с неподвижной чашкой.

Установка. Прибор устанавливают на открытой площадке, доступной солнечным лучам в течение всего дня от восхода до захода солнца, строго горизонтально на столбе высотой не менее 2 м или на крыше здания. На столб предварительно укрепляют доску, хорошо выстроганную и покрашенную. Горизонтальность доски проверяют по уровню. Для правильной установки по меридиану гелиограф закрепляют к доске в истинный полдень. Незадолго до истинного полдня гелиограф ставят на середину доски открытой стороной шара на юг (в положении  $B$ ). Затем прибор поворачивают так, чтобы в истинный полдень фокус оказался как раз на полуденном делении ленты. В этом положении основание прибора очерчивают карандашом, чтобы случайно не сдвинуть его при установке, и закрепляют тремя винтами. После этого прибор устанавливают по широте места ослаблением винта 17 и поворотом верхней части прибора до совпадения деления данной широты с указателем 16. В таком положении винт 17 закрепляют.

В желобки сферического экрана закладывают бумажные ленты 18 соответственно времени года: в верхнюю пару желобков — зимой (с 16 октября до конца февраля), в среднюю — весной и осенью (с 1 марта по 15 апреля и с 1 сентября по 15 октября) и в нижнюю — летом (с 16 апреля по 31 августа). В верхние и нижние пары желобков закладывают кривые, а в среднюю пару — прямые ленты.

На 6—7 дней. В зависимости от времени года бумажную ленту закладывают в одну из пар желобков экрана. В короткие дни, когда солнце находится над горизонтом не более 9 часов, ленту меняют один раз в сутки после захода солнца. Шар в этом случае всегда повернут на юг, т. е. неподвижный указатель на лимбе совмещен с индексом  $B$  на диске.

При продолжительности дня (между восходом и заходом солнца) от 9 до 18 часов ленту меняют два раза в сутки: первый раз после захода и второй — в 12 часов дня. Одновременно со сме-

ной лент меняют положение шара. При вечерней смене лент шар поворачивают на восток (указатель совмещают с индексом А), а при смене в полдень — на запад (указатель совмещают с индексом В).

Если продолжительность дня от восхода до захода солнца превышает 18 часов, смена лент и поворот шара производятся три раза в сутки — в 4, 12 и 20 часов. При смене ленты и повороте шара в 4 часа указатель совмещается с индексом А, в 12 часов — с индексом В и в 20 часов — с индексом Г.

Во время смены лент шар гелиографа затеняют. После смены ленты его понорачивают по направлению к солнцу. Ленту меняют, даже если на ней не окажется следов прожога (в пасмурные дни). На обороте каждой вынутой ленты сразу же отмечают порядковый номер, начиная с первого числа каждого месяца, название метеостанции, год, месяц, число, время в часах и минутах, когда лента была установлена и вынута.

Во время наблюдений по гелиографу необходимо следить за правильностью установки его относительно горизонтальной плоскости, погуденной линии и широты места наблюдений, а также содержать шар в чистоте.

По мере надобности шар протирают мягкой полотняной тряпкой; если он покрыт инеем или изморозью, тряпку смачивают спиртом или авиационным бензином.

Обработка лент. Продолжительность солнечного сияния определяют по прожогу лент гелиографа для каждого часа с точностью до 0,1 часа и заносят в соответствующие таблицы. В качестве примера приведена таблица 2, где часы даны с 4 до 20; в полных таблицах они даются с 1 до 23 часов. Если солнце светило непрерывно весь час, записывают целый час, если прожог распространяется только на половину деления, — то 0,5 часа, если прожога не было — 0,0 и т. д.

Сумма продолжительности солнечного сияния за все часы дня представляет собой суточное солнечное сияние. Зная за отдельные дни количество часов солнечного сияния, можно определить продолжительность солнечного сияния за любой период (декада, месяц, вегетационный период, год).

Таблица 2

| Число месяца   | Часы по истинному времени |     |     |     |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  | Сумма<br>за<br>сутки |
|----------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|----------------------|
|                | 4—5                       | 5—6 | 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 | 12—13 | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 | 19—20 |  |  |                      |
| 1              |                           |     |     |     |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |                      |
| 2              |                           |     |     |     |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |                      |
| Сумма за месяц |                           |     |     |     |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |                      |

### Глава III. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ВОЗДУХА

#### ЗАДАНИЕ

1. Дать характеристику основных видов термометров, применяемых для измерения температуры почвы и воздуха.

2. Изучить устройство, установку, правила и обработку наблюдений по приборам:

а) для измерения температуры поверхности почвы (срочный, максимальный и минимальный термометры);

б) для измерения температуры почвы на различных глубинах и стационарных и полевых условиях (термометры Савинова, термометры-шупы и вытяжные термометры);

в) для измерения температуры на глубине залегания узла кулечения и промерзания почвы (коробка Низенкова, электротермометр, максимально-минимальный термометр и мерзлотометр Данилина);

г) для измерения температуры воздуха (психрометры, максимальный и минимальный термометры, термограф). Обработать ленту термографа.

3. Измерить температуру почвы и воздуха.

4. Построить графики суточного и годового хода температуры почвы (на разных глубинах) и воздуха по данным ближайшей метеорологической станции\*.

#### § 8. Общие сведения из термометрии

Термические условия — очень важный агрометеорологический показатель. От температуры почвы зависят весенние сроки сева, скорость прорастания семян, всасывающая способность корней, интенсивность разложения органических веществ и т. д. Температура воздуха определяет географическое распределение растений, так как фотосинтез, дыхание, испарение растительных организмов происходит при определенных температурах.

Для своевременного учета и правильного использования термических ресурсов в сельском хозяйстве необходимо вести наблюдения за температурой почвы и воздуха в каждом колхозе и совхозе. Температура любой среды измеряется термометрами. Единичей измерения температуры является градус. До последнего времени по международной шкале для определения градуса брали два значения температуры. Одно из них соответствует температуре плавления льда (0°), другое — температуре паров кипящей воды (100°). Градусом по международной шкале называется 1/100 часть интервала 0 и 100°.

Х Генеральной конференцией по мерам и весам в 1954 г. при-

\* При построении графиков по оси абсцисс следует откладывать время (часы или месяцы), а по оси ординат — значения метеорологических элементов: температуру, влажность, осадки и т. д.





Рис. 11. Жидкостный термометр.

трубка с капиллярным каналом 2. Резервуар и часть капилляра заполнены жидкостью. Отсчет температуры производится в большинстве термометров по шкале 3 из стекла молочного цвета, которую вставляют за капилляр внутри стеклянной наружной оболочки 4 термометра. Шкала не должна иметь смещений относительно капилляра. Поэтому крепление шкалы должно быть очень прочным. Нижний конец ее опирается на стеклянное седло 5, верхний конец удерживается, пробковой и эбонитовой пробками 6. В последней имеется специальная пружина. В нескольких местах капилляр и шкалу перевязывают еще тонкой проволокой.

В показаниях термометров со вставными шкалами вводятся шкаловые поправки из поверочного свидетельства термометра.

**Термоэлектрические термометры** основаны на изменении электродвижущей силы термопар, возникающей вследствие разности температур спаев. Термопары могут быть из меди и констан-

танта. Решение для измерения температуры использовать термодинамическую температурную шкалу с одной экспериментально воспроизводимой постоянной точкой — тройной точкой воды, равной 273,16 градуса Кельвина. Тройная точка воды, являющаяся точкой температурного равновесия в твердой, жидкой и газообразной фазах, может быть воспроизведена со значительно большей точностью, чем точки кипения воды и таяния льда. В метрологических лабораториях тройную точку воды воспроизводят с погрешностью 0,0001 градуса.

В уточненном издании Положения о Международной практической температурной шкале, принятого XI Генеральной конференцией по мерам и весам, установлены следующие постоянные точки:

тройная точка воды 0,01°С;  
точка кипения воды 100°С.

## § 9. Виды термометров

Для измерения температуры воздуха и почвы используются жидкостные, термоэлектрические, деформационные термометры и термометры сопротивления.

**Жидкостные термометры** основаны на принципе изменения объема жидкости с изменением температуры. В качестве жидкости в таких термометрах используются ртуть или спирт. Ртутные термометры более чувствительны, но ртуть замерзает при —38,9°. Поэтому для измерения низких температур используются спиртовыми термометрами.

Жидкостный термометр (рис. 11) состоит из небольшого стеклянного резервуара 1 цилиндрической или шарообразной формы, к которому припаяна стеклянная трубка с капиллярным каналом 2. Резервуар и часть капилляра

**Термометры сопротивления** основаны на принципе изменения сопротивления проводников и полупроводников с изменением температуры. Особенно точны полупроводниковые термометры сопротивления — термистры.

**Деформационные термометры** основаны на принципе изменения линейных размеров твердых тел с изменением температуры. Приёмником таких термометров является биметаллическая пластинка или пружина из меди и железа.

## § 10. Чувствительность термометров

Различают два рода чувствительности у термометров:

- 1) способность реагировать на очень малые изменения температуры;
- 2) скорость восприятия температуры окружающей среды, или инерция.

Чувствительность 1-го рода жидкостных термометров увеличивается с увеличением объема резервуара термометров и уменьшением сечения капилляра. В метрологических термометрах обеспечивается точность отсчета температуры до 0,1°.

Чувствительность 2-го рода (инерция) для метеорологических жидкостных термометров составляет 3—7 минут. В связи с этим отсчеты по термометрам должны производиться быстро. Рекомендуется сначала отсчитывать десятые доли, а потом целые градусы, так как своим присутствием человек изменяет температуру. Иногда надо уменьшить чувствительность 2-го рода, или инерцию. Делается это для тех термометров, отсчет по которым производится в другой среде, например в вытесняющих термометрах и термометрах-щупах. Для увеличения инерции таких термометров резервуары их помещаются в какую-либо оболочку, имеющую большую теплоемкость (чаще всего для этого используют медные опилки).

## § 11. Измерение температуры поверхности почвы

Для измерения температуры поверхности почвы применяются термометры срочный, максимальный и минимальный.

**Срочный термометр** применяется для определения температуры поверхности почвы в данный момент (срок). Он представляет собой ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и вставной шкалой. Деления на шкале нанесены через 0,5°. Пределы шкалы могут быть от 150 (+70°) до —25 (—35°) (рис. 11).

**Максимальный термометр** служит для измерения самой высокой, максимальной, температуры между сроками наблюдений. Это ртутный термометр с цилиндрическим резервуаром и вставной шкалой. Деления на шкале нанесены через 0,5°. Пределы шкалы могут быть от +51, +71 до —36, —21°. Максимальное показание термометр сохраняет благодаря специальному приспособлению

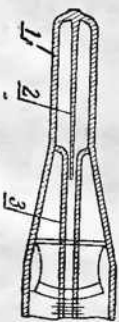


Рис. 12. Приспособление для сохранения максимальных показаний термометра.



Рис. 13. Приспособление для отсчета минимальной температуры.

(рис. 12). При изготовлении термометра в дно резервуара 1 впаивается стеклянный штифт 2, верхний конец которого входит в капилляр 3. В результате этого выход из резервуара в капилляр расширяется и уменьшается по капилляру, так как силы расширения ртути больше сил трения в месте сужения. При понижении температуры ртуть начинает уменьшаться в объеме. Однако находясь в капилляре ртуть не может вернуться в резервуар, так как силы трения в месте сужения значительно превышают силы сцепления ртути. Поэтому в узкой части капилляра произойдет разрыв ртути, и столбик ее, который был в капилляре до начала понижения температуры, останется в нем, показывая максимальное значение температуры.

Для подготовки к следующему отсчету максимальный термометр необходимо встряхивать, чтобы перенести ртуть из капилляра в резервуар. После встряхивания показания максимального термометра должны быть близкими к показаниям срочного. Максимальный термометр устанавливается горизонтально. Так как ртуть в капилляре легко может отходить от резервуара, то при отсчетах рекомендуется слегка приподнять конец термометра, противоположный резервуару.

Минимальный термометр применяется для измерения самой низкой температуры за какой-либо промежуток времени. Минимальный термометр спиртовой, со вставной шкалой и ценой деления 0,5°. Пределы шкалы могут быть от +21, +30 до -41, -75°. Резервуар термометра цилиндрический или в виде вилки. Он наполнен толстым или безводным этиловым спиртом. Минимальные показания термометра определяются по легкому штифтику 1, изготовленному из темного стекла с утолщенными на концах (рис. 13). При подъеме резервуара термометра штифтик свободно перемещается в спирт, но не выходит из него, так как благодаря своей легкости не может провалиться поверхность пленку 2, ограничивающую мениск спирта.

Штифтик подобран таким образом, что силы трения его о стенки капилляра больше сил расширения спирта и меньше сил поверхностного натяжения пленки. Поэтому при повышении температуры спирт, расширяясь, свободно обтекает штифт, а при понижении температуры, как только поверхностная пленка дойдет до штифтика, последний перемещается вместе со спиртом в сторону резервуара.

Двигается он до тех пор, пока температура не снизится. С повышением температуры движение его прекращается. Поэтому положение штифтика дает возможность отсчитать ту минимальную температуру, которая была между сроками наблюдения. Отсчет берут по положению конца штифтика, противоположного резервуару.

Перед установкой термометра необходимо штифтик подвести к мениску спирта. Достигается это поворотом термометра резервуаром вверх. Как только штифтик дойдет до мениска спирта, термометр устанавливается горизонтально. Для проверки работы термометра отсчет производится по штифтику (минимальная температура) и по мениску спирта (температура в данный момент). Показания по мениску спирта должны соответствовать показанию срочного термометра.

Установка термометров. На метеорологических станциях и постах термометры для измерения температуры поверхности почвы (срочный, максимальный и минимальный) устанавливаются на открытой площадке размером 4×6 м (рис. 14, 1).

Предварительно с площадки снимают растительный покров и почву взрыхляют. Все три термометра размещают в середине площадки горизонтально, резервуарами на восток, на расстоянии 10—15 см друг от друга в небольших углублениях, сделанных легким вдавливанием термометров в почву. Резервуары должны плотно прикасаться к почве. Чтобы не уплотнить почву около термометров, для подхода к ним во время отсчетов с северной стороны кладут реечный настил 3.

В полевых условиях термометры могут быть установлены на паровом поле, для изучения термического режима среды растений — в междурядьях.

Отсчеты по термометрам производятся с точностью до 0,1° на глаз (цена деления термометров 0,5°). После отсчета максимальный термометр встряхивают. Для этого его берут за середину, резервуаром вниз, и делают несколько резких взмахов рукой. После встряхивания, записав показания, термометр кладут на прежнее место.

В минимальном термометре отсчет берут по мениску спирта (фактическая температура) для контроля исправности прибора и штифту, показывающему минимальную температуру между сроками (на рис. 13 показаны мениск спирта соответствуют 15°, а штифта — 10,5°). После отсчета, приподняв резервуар термометра, штифт подводит к мениску спирта. В летнее время мини-

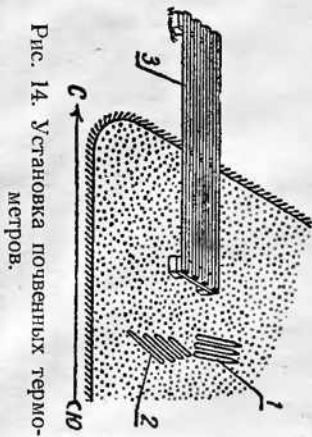


Рис. 14. Установка почвенных термометров.



малый термометр на день с площадки убирают, так как верхний предел шкалы у него меньше, чем может быть температура почвы.

## § 12. Измерение температуры почвы на различных глубинах

Для измерения почвы на различных глубинах применяются термометры Савинова, выдвижные и термометры-щупы.

**Термометры Савинова** (коленчатые) служат для измерения температуры почвы на глубинах 5—10—15—20 см (пахотный слой). Это ртутные термометры со вставной шкалой и ценой деления 0,5°. Резервуар термометров цилиндрические. Немного выше резервуара термометров изогнуты под углом 135° (рис. 15). Нижняя часть стеклянной защитной оболочки от резервуара до начала шкалы засыпана песком или золой, над которой помещается вата с сурьмяными перемешками. Делается это для того, чтобы исключить конвективные токи воздуха в стеклянной оболочке, которые могут возникнуть вследствие разницы температуры почвы на разных уровнях. Длина термометров может быть от 28—30 до 48—52 см.

**Установка.** Термометры Савинова устанавливаются на одной площадке с термометрами для измерения температуры поверхности почвы (рис. 14, 2). Их устанавливают весной и убирают осенью, так как в промерзшей почве коленчатые термометры легко ломаются.

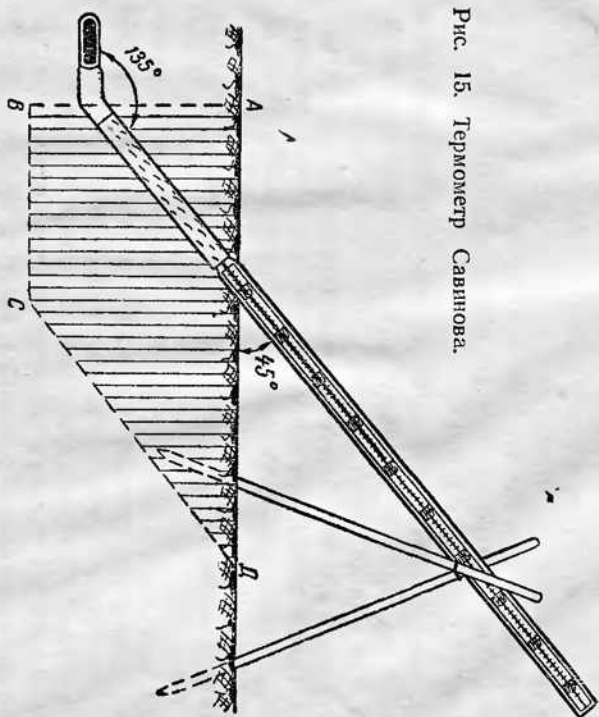


Рис. 15. Термометр Савинова.

Для установки коленчатого термометра выкапывают траншею в виде трапеции *ABCD* (рис. 15). Северная сторона *AB* траншеи отвесная. В ней на заданной глубине делают углубление, параллельное поверхности почвы. В это углубление вставляют резервуар термометра. Для контроля установки термометра необходимо проверить угол наклона выступающей части термометра к поверхности почвы. Этот угол должен быть 45°. После этого траншею засыпают почвой, сохраняя последовательность вынутых пластов. Для устойчивости выступающую часть термометров укрепляют на деревянных козлах.

Отсчет по термометрам берут с точностью до 0,1°.

**Термометр-щуп АМ-6** служит для измерения температуры почвы в полевых условиях на глубине от 3 до 50 см (рис. 16). Спиртовой термометр 1 (спирт покрашен) с ценой деления 0,5° и пределами шкалы от 0 до 60° помещается в металлическую оправу 2, нижний конец которой заострен в виде конусообразного наконечника 3. В нем находится резервуар термометра. Чтобы тепло не передавалось от оправы к резервуару термометра, наконечник изолирован от остальной части оправы теплоизолирующей перемычкой 4. Для увеличения инерции термометра его резервуар погружен в медные опилки. В верхней части оправы имеется прорез 5, через которую видна шкала термометра. На противоположной стороне оправы нанесены деления в сантиметрах для определения глубины установки термометра. Верхний конец оправы заканчивается ручкой 6, служащей для упора при погружении термометра в почву.

Во время наблюдений термометр-щуп устанавливают в почву на заданную глубину и через 10—15 мин. берут отсчет. Если глубина установки небольшая, отсчет можно делать, не вынимая термометра из почвы. Термометр-щуп переносят и хранят в вертикальном положении.

**Термометр-щуп АМ-15** (рис. 17) применяется для измерения температуры пахотного слоя почвы до глубины 25 см.

Принципом термометра является биметаллическая пружина, один конец которой неподвижно закреплен в наконечнике 1 трубчатого стержня 2, а другой конец жестко соединен длиной осью со стрелкой 3, помещенной в квадратной рукоятке 4. В квадратной рукоятке помещена шкала 5 температуры от —10 до 50° с ценой деления 1°.

Наконечник с биметаллической пружиной отделен от трубчатого стержня пластмассовым переходником 6. Внутренняя полость термометра влагонепроницаема. На внешней стороне трубчатого стержня дана шкала глубин в сантиметрах. Нулевая отметка находится на середине наконечника.

Термометр переносят в футляре в горизонтальном положении. При переносе и хранении его нужно оберегать от ударов и бросков, а также от нагрева прямыми солнечными лучами.

При наблюдениях термометр-щуп АМ-15 устанавливают в почву вертикально на заданную глубину и выдерживают 5—10 минут.

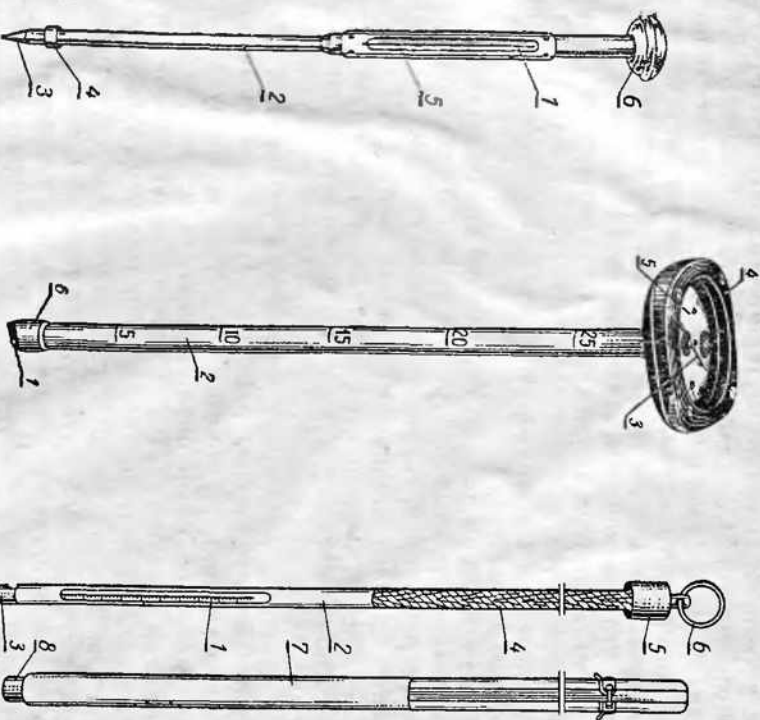


Рис. 16. Термометр-щуп АМ-6

Рис. 17. Термометр-щуп АМ-15.

Рис. 18. Термометр вытяжной.

Отсчет берут с точностью 0,5°, не вынимая термометра из почвы. При наблюдениях надо стоять так, чтобы на термометр падала тень.

**Вытяжные термометры** применяются для измерения температуры почвы на больших глубинах. Комплект из пяти термометров служит для измерения температуры почвы на глубинах 20—40—80—160—320 см, а из восьми термометров — на глубинах 20—40—60—80—120—160—240—320 см.

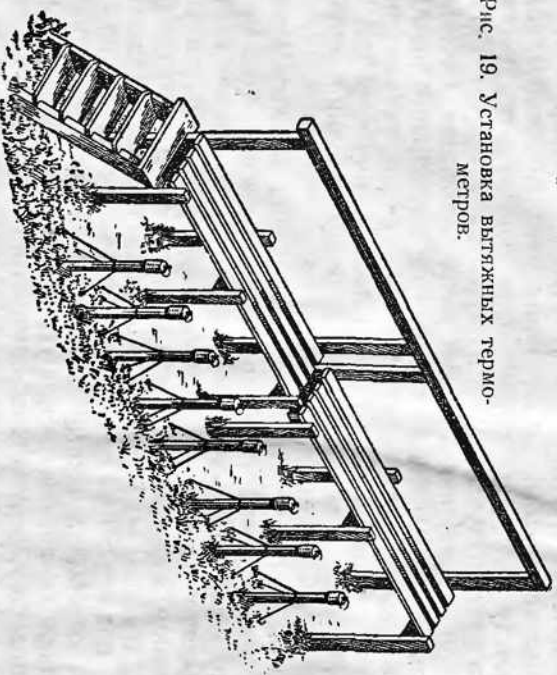
Вытяжные термометры ртутные, типа психрометрических, с ценой деления 0,2°. Для удобства установки, а также с целью уменьшения влияния внешней среды в момент отсчета термометр 1 вмонтирован в специальную оправу 2 с металлическим колпачком 3 (рис. 18), который заполнен медными опилками для тепловой изоляции резервуара. Оправа с термометром крепится на деревянной штанге 4, длина которой зависит от глубины установки термометра. Штанга заканчивается колпачком 5 с кольцом 6, за которое термометр вынимают из почвы.

Вытяжные термометры опускают в пластмассовые или эбонитовые трубки 7, погруженные в почву на необходимую глубину и имеющие на нижнем конце металлические накопичники 8. Присоединение трубок, обладающих плохой теплопроводностью, исключает обмен тепла между верхними слоями почвы и термометром. Термометр погружается в трубку 7 только того уровня почвы, на котором находится металлический накопичник. При опускании термометра в трубку 7 нужно расшатать, чтобы он только слегка касался металлического доннышка 8. Основной упор термометра должен приходиться на колпачок с кольцом, который одновременно и закрывает трубку сверху.

**Установка.** Вытяжные термометры размещают на открытом месте с естественным покровом на расстоянии 3—4 м от термометров Савинова. Буром или лопатой роют траншеи нужной глубины. Если траншеи роют лопатой, то их следует делать узкими и почву вынимать пластиками, чтобы после установки трубок почву уложить в том же порядке. Затем в траншею располагают трубки в один ряд через каждые 50 см в направлении с востока на запад. Трубки должны выступать над поверхностью почвы на 50—100 см, но избежание заноса их снегом в зимний период. После установки трубок в них опускают термометры. Чтобы почва вокруг термометров не уплотнялась, отсчет по ним производят со специального помоста, расположенного с северной стороны от термометров (рис. 19).

Отсчеты по термометрам необходимо брать быстро. Рекомендуется вначале отсчитывать десятые доли, а потом целые градусы. Отсчеты по термометрам, расположенным на глубине 80 см и больше, берут один раз в сутки, так как с этой глубины суточные колебания температуры не наблюдаются.

Рис. 19. Установка вытяжных термометров.





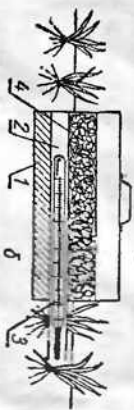
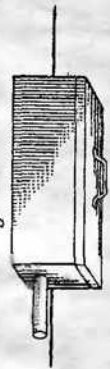


Рис. 20. Коробка Низенькова.

В хозяйствах вытяжные термометры могут быть использованы для измерения температуры в силосных ямах и буртах.

### § 13. Измерение температуры почвы на глубине залегания узла кущения

Состояние озимых культур и условия перезимовки их во многом зависят от температуры почвы и особенно от минимальной температуры на глубине узла кущения. Средняя глубина залегания узла кущения около 3 см.

Для измерения минимальной температуры почвы на этой глубине могут быть использованы обычные минимальные термометры, помещаемые в специальные приспособления, и почвенные электротермометры.

**Коробка Низенькова.** Приспособление для минимального термометра, предложенное Н. П. Низеньковым, представляет собой жесткую коробку с боковой трубкой снаружи (рис. 20, а). Длина коробки 40 см, ширина 8 см, высота 15 см. Длина боковой трубки 17 см, диаметр 3,5 см.

На дно коробки помещается деревянный вкладыш 1 (рис. 20, б), имеющий продольный вырез 2, соответствующий ширине минимального термометра. Вырез должен приходиться против боковой трубки коробки, в которую вставляют резервуар термометра 3. Для изоляции термометра от стенок металлической трубки в нее вставляют трубочку, свернутую из плотной бумаги. Для изоляции от наружного воздуха сверху на термометр кладут вату 4 (или мешочек из марли, наполненный ватой), которая должна плотно заполнить все пространство коробки от деревянного вкладыша до верхнего края коробки. Коробку Низенькова устанавливают на озимых посевах поздней осенью до наступления морозов. Регулярные наблюдения начинают со времени промерзания почвы и продолжают до полного оттаивания.

**Отсчеты.** На участке, где установлена коробка Низенькова, одновременно с измерением минимальной температуры на глубине залегания узла кущения определяют высоту снежного покрова. Его измеряют маршрутной снегомерной рейкой вблизи установки минимального термометра в пяти местах. Записывают среднюю высоту из пяти измерений. После этого, если коробка Низенькова находится под снежным покровом, снимают осторожно снег над крышкой коробки и открывают ее. Над боковой трубкой коробки снег должен оставаться нетронутым в течение всей зимы. Вынув ватную подушку, берут отсчет сначала по показанию спирта, а потом по штифту. Записав показания термометра, его вынимают,

резервуар берут в руку и доводят столбик спирта до 0°. К нулю шкалы поднимают и штифтик. Затем термометр быстро вставляют в трубочку и укладывают в выемку деревянного вкладыша шкалой вверх. Сверху термометр накрывают ватой и коробку закрыли крышкой. Вынутую перед наблюдением над коробкой ямку в снегу тщательно засыпают снегом и утрамбовывают его при мерно до плотности на окружающем поле. Над коробкой не должно быть буртовка или углубления. Чтобы не уплотнять снег вокруг коробки, лучше отсчеты делать на лыжах.

Одним из недостатков коробки Низенькова является то, что резервуар минимального термометра не имеет контакта непосредственно с почвой, кроме того, во время отсчетов приходится нарушать снежный покров над коробкой.

В связи с этим для измерения температуры почвы на глубине узла кущения в настоящее время применяют более совершенные приборы — электротермометры и максимально-минимальный термометр.

**Электротермометр АМ-2М** (рис. 21) состоит из датчика 1 и пульты 2. Датчиком служит медный проволоочный термометр сопротивления, заключенный в герметический кожух, имеющий форму лопаточки. К термометру присоединен медный кабель 3, который заканчивается штепсельной вилкой 4 для соединения датчика с пультом.

Пульс электротермометра переносный; он состоит из равноплечного неравноповешенного измерительного моста, в диалогаль которого включен микроамперметр типа М-24. Шкала амперметра градуирована от —30 до +45°. Интервалы измерения температуры разбиты на два диапазона: от +5 до +45° и от +5 до —30°. Переключение в двух диапазонах осуществляется переключателем на деление +45° прическом регуляров  $R_p$ , а на +5° — вращением вилки корректора 6. В пульте помещены четыре батареи типа 1-КС-V-3 или 1-КС-х-3, обеспечивающие работу

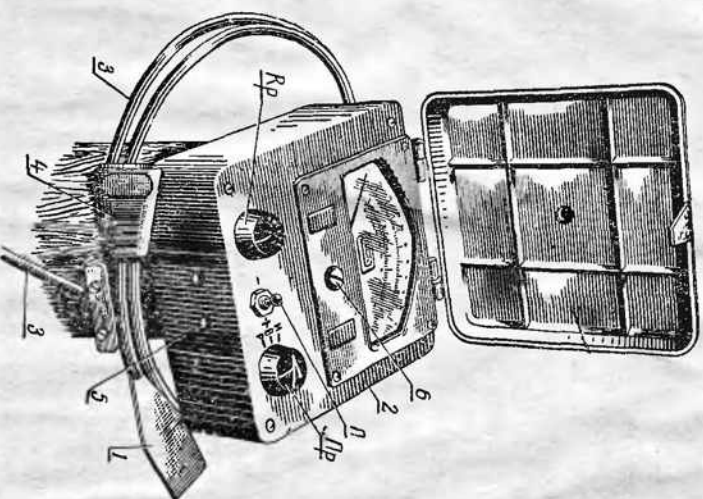


Рис. 21. Электротермометр АМ-2М.

прибора не менее 6 месяцев. Смена их производится, когда стрелка не доходит до деления  $+45^{\circ}$ . В нижней части пульты имеется розетка 5, в которую вставляют штатсельную вилку кабеля с датчиком.

В комплект электротермометра АМ-2М входят 10 датчиков и один пульт.

Установка электротермометра. Для измерения температуры почвы на глубине залегания узла купения (3 см) устанавливают на двух противоположных концах наблюдательного участка по одному датчику. Установка их производится до замерзания почвы. Для этого выкапывают канавки глубиной 3 см, шириной 5–8 см и длиной 150 см. Одна стена канавки должна быть отвесной. В ней на глубине 3 см от поверхности почвы делают горизонтальное углубление, в которое вставляют датчик. Кабель осторожно выравнивают и укладывают на дно канавки до стойки (деревянный брусок). Оставшаяся часть кабеля выходит около стойки. Стойка служит для установки пульты и закрепления на ней оставшейся части кабеля. После этого канавку засыпают и почву уплотняют до состояния окружающей почвы.

Наблюдения. Перед отсчетами по электротермометру пульт устанавливают на стойку и вилку датчика соединяют с пультом. После этого открывают крышку пульты и проверяют нахождение переключателя рода работ *Pr* в нейтральном положении *B*. При таком положении стрелка должна находиться на делении  $+5^{\circ}$  с левой стороны шкалы. Устанавливают ее на  $+5^{\circ}$  винтом корректора 6. Затем рукоятку переключателя диапазона температур *П* переводят в положение  $+$  (выparo), а ручку переключателя рода работ *Pr* — в положение *p*. Вращением реостата *Kp* стрелку устанавливают на деление  $+45^{\circ}$  с правой стороны шкалы.

При измерении температуры в диапазоне от  $+5$  до  $+45^{\circ}$  рукоятку переключателя рода работ *Pr* переводят в положение *И* и определяют показания прибора в целых градусах. После записи результатов отсчета переключатель рода работ устанавливают в нейтральное положение *B*.

Для измерения температуры в диапазоне от  $+5$  до  $-30^{\circ}$  рукоятку переключателя диапазона температуры *П* переводят в положение (влево), затем рукоятку переключателя рода работ *Pr* переводят в положение *И* и отсчитывают показания прибора. После отсчета переключатель рода работ *Pr* ставят в нейтральное положение *B*.

Если датчик не подключен к пульту, переключатель рода работ всегда должен находиться в нейтральном положении. Никакие переключения на пульте нельзя делать до присоединения датчика к пульту. После работы крышку пульты закрывают, вилку датчика отключают от пульты и закрывают крышкой.

**Максимально-минимальный термометр АМ-17** (рис. 22) состоит из термобаллона 1, заполненного под давлением толуолом, геликоидальной пружины с биметаллическим термокомпенсатором, со-

единительного капилляра 2 и корпуса 3, в котором помещается регистрирующее устройство.

При измерении температуры термобаллонная пружина сжимается или раскручивается, поворачивая при этом термокомпенсатор и соединенный с ним крошечный со стрелкой. Запись изменений температуры ведется на барабане 4, покрытом слоем копоти. Над барабаном расположен шкала с делениями от  $-30$  до  $+30^{\circ}$ .

По размерам дуги, которую очерчивает стрелка на барабане, определяют колебания температуры между сроками наблюдений. По левому краю дуги отсчитывают минимальную, а по правому — максимальную температуру. Положение стрелки относительно шкалы во время отсчета соответствует температуре в момент наблюдений. После измерения для дальнейшей работы прибора необходимо барабан повернуть ручкой-фиксатором 5 на один зубец. Ручка-фиксатор имеет 90 зубьев. Соответственно отсчеты по термометру могут быть взяты 90 раз. После этого барабан надо вновь закончить. По окончании наблюдений корпус закрывают футляром 6.

Для измерения температуры почвы на глубине узла купения до наступления морозов на озимых посевах термобаллон и капилляр укладывают в почву на глубину 3–5 см, а корпус термометра устанавливают на деревянном столбе высотой 60–70 см. Дистанция измерений термометром АМ-17 около 2,5 м.

#### § 14. Измерение глубины промерзания почвы

Для оценки условий перезимовки растений большое значение имеет промерзание почвы. Глубину промерзания почвы определяют мерзлотометром Данилина, который устанавливают на метеорологической площадке и на посевах озимых культур.

**Мерзлотометр Данилина.** Приемная часть мерзлотометра Данилина — резиновая трубка 1 длиной 150 и 300 см с делениями в сантиметрах (рис. 23). Один конец трубки присоединен на ниппель деревянной штани 2, заканчивающейся колпачком 3 с кольцом, а другой закрыт резиновой пробкой. В комплект мерзлотометра входит защитная трубка 4, заканчивающаяся латунным наконечником. На верхней части защитной трубки нанесены деления в сантиметрах для измерения высоты снежного покрова.

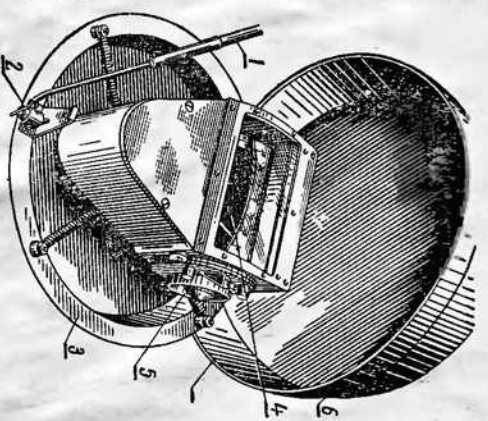


Рис. 22. Максимально-минимальный термометр АМ-17.



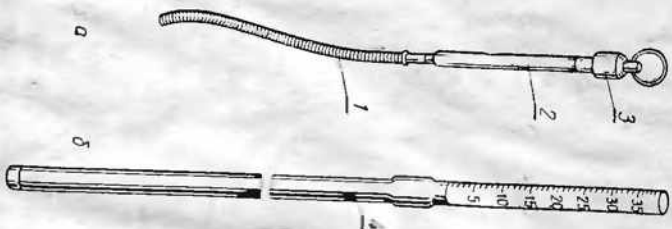


Рис. 23. Мерзотомер Данилина.

Димо отмечать высоту снежного покрова.

## § 15. Измерение температуры воздуха

Для измерения температуры воздуха применяются термометры психрометрический, максимальный и минимальный. Для непрерывной регистрации температуры воздуха служит термограф.

**Психрометрический термометр** ртутный со вставной шкалой (рис. 24). Цена деления 0,2°. Пределы шкалы от +41, +50 до -31, -35°. Устанавливается вертикально. Для этого в верхней части термометра есть металлический колпачок. Резервуар термометра шаровидный.

Для районов с сильными морозами применяются психрометрические термометры спиртовые с цилиндрическим резервуаром. Заполнены они этиловым спиртом, крепость которого должна быть не ниже 95°.

**Установка.** Мерзотомер устанавливается за 2—3 недели до начала заморозков на площадке около вытяжных термометров и на по-севах озимых в месте, наиболее характерном по условиям залегания снежного покрова и со-стояния носов. Для установки защитной трубки готовят скважину, глубина которой на 10 см больше резиновой трубки. Защитную трубку опускают в скважину, зазоры между стенками скважины и трубкой плотно засы-пают землей. Для прочности защитную трубку укрепляют растяжками. В установленную за-щитную трубку опускают резиновую трубку, заполненную дистиллированной водой.

Наблюдения по мерзотомеру начинают с момента наступления отрицательных темпе-ратур и продолжают до полного оттаивания почвы. Глубину промерзания почвы определяют по длине столбика воды, замерзшей в трубке (с точностью до 0,5 см). Для этого трубку про-щупывают пальцами. Нижняя гра-ница льда соответствует глубине промерзания почвы.

После отсчета резиновую тру-бу вновь опускают в защитную трубку.

Во время наблюдений за глу-биной промерзания почвы необхо-димо отмечать высоту снежного покрова.

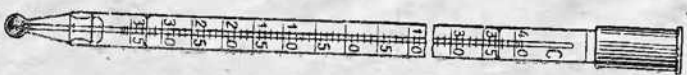


Рис. 24. Психрометрический термометр.

Психрометрические термометры всегда применяются в паре и со-ставляют психрометр, который служит одновременно для опре-деления температуры и влаж-ности воздуха.

Устройство максимальных и минимальных термометров, при-менимых для измерения соот-ветственно максимальной и мини-мальной температуры воздуха на какой-либо промежуток вре-мени, изложено на страницах 29—31.

**Установка.** Термометры для измерения температуры воз-духа помещают в психрометриче-скую будку 1 (рис. 25). Это ис-ключает влияние ветра и прямой солнечной радиации на показани термометров.

Стенки психрометрической будки состоят из двойных жа-люзи шириной 35 мм и толщиной 6 мм, расположенных одна над другой на расстоянии 25 мм под углом 45° к горизонтальной плоскости. Жалюзийные стенки защи-щают термометры от прямого попадания солнечных лучей и вместе с тем не препятствуют свободному доступу воздуха.

Внутренние размеры будки: высота 525 мм, ширина 460 мм, глубина 290 мм. Потолок будки сделан сплошным. Для уменьше-ния нагрева над потолком есть крыша, имеющая небольшой скат. Дно будки — из трех досок шириной 100 мм, причем средняя распо-ложена несколько выше крайних. Одна из жалюзийных стенок укреплена на петлях и может открываться (дверка).

Будка укрепляется на деревянной или металлической подстав-ке 2 с таким расчетом, чтобы резервуары термометров были на вы-соте двух метров. К подставке будка прикрепляется железными угольниками и планками и ориентируется дверкой на север, чтобы во время отсчетов на термометры не падали солнечные лучи. Для удобства отсчетов около будки устанавливают деревянную или ме-таллическую лесенку 3.

Для уменьшения нагрева вся будка, подставка и лесенка должны быть окрашены цинковыми белилами.

Внутри будки имеется штатив 6 (рис. 26), на котором верти-кально крепятся два психрометрических термометра: слева — «су-хой» 1, по которому определяется температура воздуха, справа — «смоченный» 2.

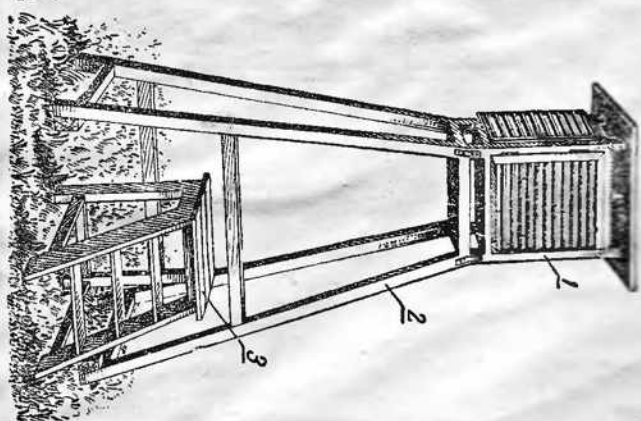


Рис. 25. Психрометрическая будка.

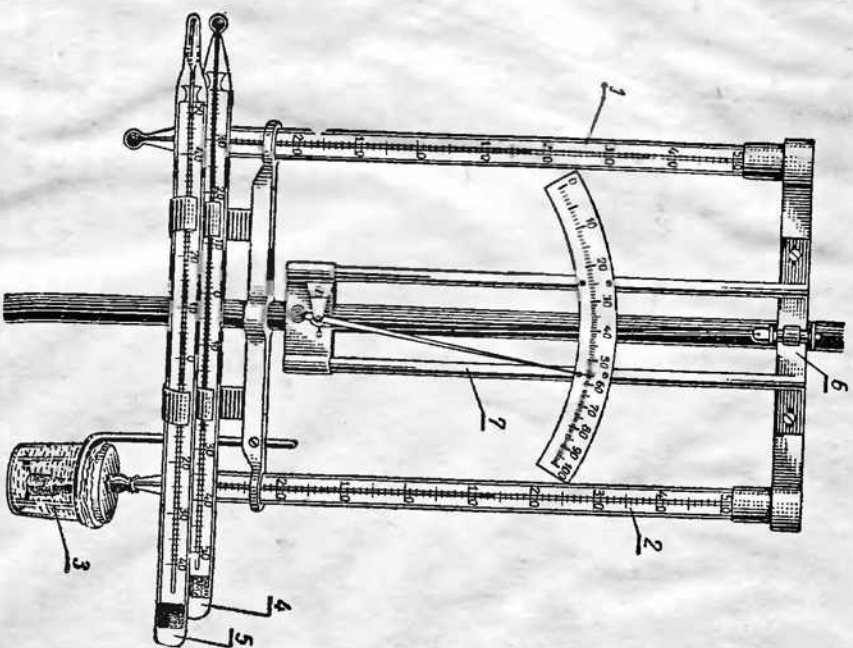


Рис. 26. Установка термометров в психрометрической будке.

Максимальный 4 и минимальный 5 термометры укрепляются горизонтально в специальные перекладки внизу штатива.

Для большей точности при наблюдениях по термометрам вначале отсчитываются десятые доли, а затем целые градусы. После штатив подводят к менisku спирта.

На агрометпостах для установки термометров может быть использована более простая защита — будка Селянинова (рис. 27). Она меньше размером: высота передней стенки (дверки) 300 мм, задней стенки 180 мм, ширина 420 мм, глубина 280 мм, и стенки ее состоят из одного ряда жалюзи. На специальной деревянной подставке в ней устанавливаются горизонтально три термометра, причем психрометрический термометр может быть заменен «срочным». Будку Селянинова устанавливают на столбе так, чтобы высота от

почты до резервуаров термометров была 1,5—2 м. Будку, подставка и лесенка должны быть покрашены в белый цвет.

Температуру и влажность воздуха среди растений можно измерить аспирационным психрометром, который приспособлен для работы в полевых условиях (см. стр. 53).

Термограф (рис. 28) служит для непрерывной записи изменений температуры воздуха. Он состоит из трех основных частей: приемной, передающей и регистрирующей.

Присемником термографа является биметаллическая пластинка 1, изготовленная из металлов с различным термическим коэффициентом линейного расширения. Как правило, для этого используются железо и медь. Один конец биметаллической пластинки крепится неподвижно в колодке 2, находящейся на наружной стенке корпуса. Другой конец остается свободным и при изменении температуры может перемещаться.

Передающей частью является система рычагов. К свободному концу биметаллической пластинки прикреплен рычаг 3, который соединен тягой 4 с рычагом 5 коленчатого вала. Вторым рычагом коленчатого вала является стрелка 6, вершина которой опирается пером в форму небольшой полой пирамиды, заканчивающаяся пером к барабану 7. Перо заполняется специальными чернилами с примесью глицирина. Поэтому они медленно сохнут и не замерзают.

Регистрирующая часть термографа — барабан 7 с часовым механизмом внутри. Благодаря часовому механизму барабан вращается вокруг неподвижной оси, укрепленной у основания корпуса.

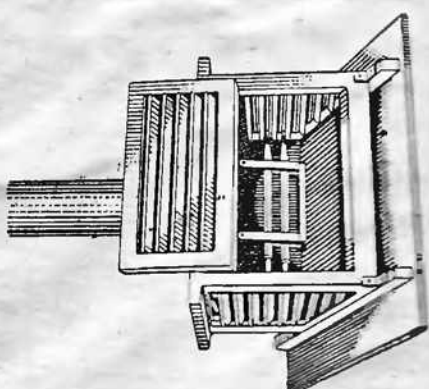


Рис. 27. Будка Селянинова.

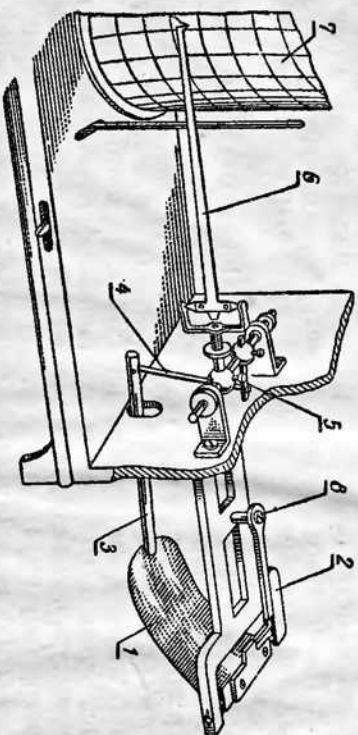


Рис. 28. Термограф биметаллический.



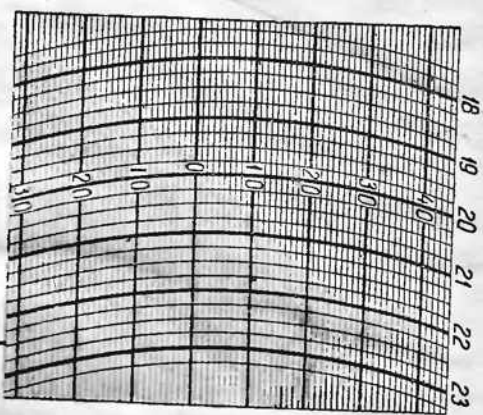


Рис. 29. Лента термографа (часть).

недельных — через 2 часа. Кроме того, на недельных лентах указаны дни недели.

Установка. Термограф устанавливают в жалюзийной будке, отличающейся от психрометрической только своими размерами. Глубина такой будки 460 мм, высота 605 мм, ширина 460 мм. Располагается она на расстоянии 4—5 м от психрометрической.

Перед установкой термографа часы с помощью ключа заводят до отказа и на барабан накладывают ленту, на обратной стороне которой пишут дату и время смены ленты. Лента на барабане крепится специальной пружиной. В таком виде барабан надевают на неподвижную ось корпуса и к нему подводят стрелку с пером. Перо на ленте должно показывать время и температуру воздуха барабана вокруг неподвижной оси, а на температуру поворота положения биметаллической пластинки. Делается это с помощью винта 8. После этого крышку термографа закрывают. Для контроля за работой термографа на его ленте в срочные часы делают засечки небольшим подъемом пера.

Термограф — прибор относительный. Показания его сравнивают с показаниями психрометрического термометра.

Обработка ленты термографа. Ленту термографа обрабатывают методом интерполяции. Сначала на ленте или в специальной таблице записывают показания термографа через каждый час. Потом против меток, сделанных в срочные часы, пропуская одну строчку, записывают показания по психрометрическому термометру («сухому»).

Разница между показаниями термографа и психрометрического термометра представляет собой поправку в срочные часы. Записыва-

ния барабана от скорости вращения барабана термографы могут быть суточные и недельные. В первом случае барабан делает полный оборот за сутки, во втором — за неделю. Часы заводят соответственно один раз в сутки или один раз в неделю.

На барабан надевается бумажная лента (рис. 29). Параллельные горизонтальные линии на ней соответствуют температуре в целых градусах (от  $-30$  до  $+50^{\circ}$ ); вертикальные дуги, пересекающие горизонтальные линии, служат для отсчета времени. На лентах суточного термографа каждое деление соответствует 15 минутам, недельного — 2 часам. На суточных лентах время обозначено через каждый час, а на

вают ее между снятым показанием термографа и показанием психрометрического термометра. Предполагая, что поправка термографа в течение его работы изменялась равномерно, можно рассчитать поправку для каждого часа. Для этого следует интерполировать величину поправки между двумя метками. Например, поправка в 13 часов была  $-0,4^{\circ}$ , а в 19 часов стала  $+0,2^{\circ}$ . За шесть часов работы поправка изменится на  $0,6^{\circ}$  (от  $-0,4$  до  $+0,2$ ), а за один час — на  $0,1^{\circ}$  ( $0,6:6$ ). Зная изменение поправки за один час, можно рассчитать значение поправки для каждого часа. В нашем примере получаются следующие величины поправки:

|                |                |                |                |               |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| 13 час.        | 14 час.        | 15 час.        | 16 час.        | 17 час.       | 18 час.        | 19 час.        |
| $-0,4^{\circ}$ | $-0,3^{\circ}$ | $-0,2^{\circ}$ | $-0,1^{\circ}$ | $0,0^{\circ}$ | $+0,1^{\circ}$ | $+0,2^{\circ}$ |

Алгебраически суммируя поправку с показаниями термографа в соответствующие часы, получим исправленные значения температуры по термографу. Аналогичная работа производится и для других участков ленты: с 19 до 01 часа, с 01 до 07 часов, с 07 до 13 часов.

## Глава IV. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

### ЗАДАНИЕ

1. Дать определения основных величин влажности воздуха и методов измерения их.
2. Изучить устройство, установку и правила наблюдений по станционному и аспирационному психрометрам. Провести измерения по ним и рассчитать все величины влажности воздуха по формулам и психрометрическим таблицам.
3. Изучить устройство гигрометров. Составить график поправок для гигрометра. По наблюдениям гигрометра, зная температуру воздуха, определить абсолютную влажность, дефицит влажности и точку росы.
4. Изучить устройство гигрографа, подготовить его для наблюдений и освоить обработку ленты гигрографа.
5. Начертить графики суточного и годового хода абсолютной и относительной влажности по данным ближайшей метеорологической станции.

### § 16. Величины, характеризующие влажность воздуха

Водяной пар, находящийся в атмосфере, характеризует влажность воздуха. Наблюдения за влажностью воздуха имеют большое практическое значение для сельского хозяйства, так как влажность воздуха оказывает влияние на биохимические процессы, происходящие в растениях, и особенно на испарение. Отрицательно отражается на растениях как очень низкая, так и очень высокая влажность воздуха. При низкой влажности воздуха может произой-





Используя формулы Дальтона и Ньютона, можно подсчитать приход и расход тепла для «смоченного» термометра. По формуле Дальтона расход тепла, затрачиваемого на испарение с поверхности «смоченного» термометра, выражается формулой:

$$Q_1 = \frac{c(E_1 - e)}{P}, \quad (15)$$

где  $Q_1$  — количество тепла, затраченного на испарение с поверхности резервуара термометра в единицу времени;

$E_1$  — максимальная упругость водяного пара при температуре испаряющей поверхности, т. е. «смоченного» термометра;

$e$  — абсолютная влажность воздуха;

$c$  — коэффициент пропорциональности;

$P$  — атмосферное давление.

В результате разности температуры воздуха и резервуара «смоченного» термометра к нему будет поступать тепло  $Q_2$ , которое определяется по формуле Ньютона:

$$Q_2 = B(t - t_1), \quad (16)$$

где  $Q_2$  — количество тепла, поступающего к поверхности резервуара термометра;

$t$  — температура «сухого» термометра;

$t_1$  — температура «смоченного» термометра;

$B$  — коэффициент пропорциональности.

Определение влажности воздуха производится при установившихся показаниях «смоченного» термометра. Поэтому можно считать, что приход тепла к «смоченному» термометру равен расходу тепла на испарение. В противном случае показания термометра менялись бы.

Следовательно,  $Q_1 = Q_2$  или

$$\frac{c(E_1 - e)}{P} = B(t - t_1).$$

Из этого равенства определяем абсолютную влажность ( $e$ ):

$$e = E_1 - \frac{B}{c} P(t - t_1).$$

Обозначив  $\frac{B}{c}$  через  $A$ , получим основную *психрометрическую* формулу, по которой определяется влажность воздуха психрометрическим методом:

$$e = E_1 - AP(t - t_1), \quad (17)$$

где  $e$  — абсолютная влажность воздуха;

$E_1$  — максимальная упругость при температуре «смоченного» термометра;

$P$  — атмосферное давление;

$t_1$  — температура «смоченного» термометра;

$t$  — температура «сухого» термометра;

$A$  — постоянная психрометра, зависящая главным образом от скорости движения воздуха около резервуара термометра, а также от конструкции прибора.

Постоянная  $A$  может быть вычислена сравнением данных, полученных одновременно измерением влажности с помощью исследуемого психрометра и какого-либо контрольного прибора. Для стационарного психрометра  $A = 0,0007947$ , для аспирационного психрометра  $A = 0,000662$ .

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

Это свойство обезжиренного человеческого волоса было известно уже давно. Соскором было установлено, что удлинение волоса при изменении относительной влажности от 0 до 100% составляет 2,5% его длины. Гей-Люссак, а позже другие авторы, определили зависимость изменения длины волоса от изменения относительной влажности воздуха. Исследования показали, что удлинение волоса с изменением относительной влажности воздуха происходит неравномерно.

Если обозначить через  $l$  длину волоса, а через  $\Delta l$  общее удлинение его с изменением относительной влажности воздуха от 0 до 100%, то промежуточные удлинения в процентах от общего удлинения  $\Delta l$  будут следующими:

| Относительная влажность, в % | Удлинение волоса в % от $\Delta l$ |
|------------------------------|------------------------------------|
| 0                            | 0                                  |
| 10                           | 20,9                               |
| 20                           | 38,8                               |
| 30                           | 52,8                               |
| 40                           | 63,7                               |
| 50                           | 72,2                               |
| 60                           | 79,2                               |
| 70                           | 85,2                               |
| 80                           | 90,5                               |
| 90                           | 95,4                               |
| 100                          | 100                                |

Из приведенных данных видно, что волос вначале при небольших значениях влажности воздуха меняет свою длину довольно быстро, а при дальнейшем увеличении влажности воздуха удлинение происходит медленнее. При изменении влажности от 0 до 10% удлинение волоса происходит на 20,9%, а при изменении влажности воздуха от 90 до 100% — только на 4,6% от общего удлинения. Половина своего удлинения волос достигает уже при относительной влажности около 30%.

Не каждый человеческий волос меняет свою длину одинаково. Поэтому волос сначала проверяют и в гигрометрах используют только такой, изменение длины которого соответствует указанной выше закономерности.

В настоящее время применяются также гигроскопические животные пленки, изменяющие свои свойства при изменении влажности воздуха.

## § 18. Приборы для измерения влажности воздуха

Для измерения влажности воздуха психрометрическим методом служат стационарный и аспирационный психрометры, а гигрометрическим — гигрометры и гигрографы.

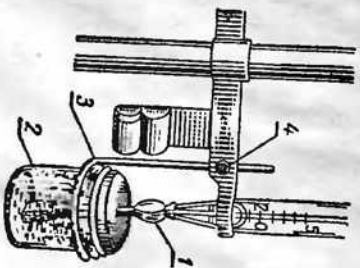


Рис. 30. Психрометрический стаканчик.

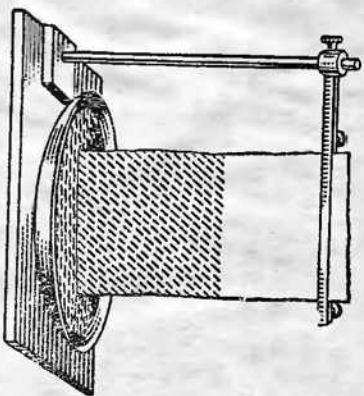


Рис. 31. Испытание батиста.

**Стационарный психрометр** состоит из двух одинаковых психрометрических термометров с делениями 0,2°, помещенных рядом на особом штативе в психрометрической будке (рис. 26). Необходимо подобрать одинаковых термометров вызвана тем, что при выводе психрометрической формулы, когда рассчитывают приток тепла к «смоченному» термометру, температуру воздуха определяют не по «смоченному», а по «сухому» термометру. Следовательно, «смоченный» термометр, если бы с поверхности его резервуара не было испарения, должен показывать ту же температуру, что и «сухой» термометр. Поэтому для психрометра подбирают парные термометры, которые должны иметь одинаковые размеры, коэффициенты тепловой инерции, теплоемкость и т. д.

Левый термометр психрометра «сухой», правый — «смоченный». Резервуар 1 «смоченного» термометра плотно обернут батистом: нижний конец батиста погружен в стаканчик 2 с дистиллированной водой (рис. 30). Стаканчик устанавливается в проволоочном кольце 3, закрепленном на штативе винтом 4. Чтобы край стаканчика не мешал обмену воздуха и около резервуара термометра не создавалась повышенная влажность воздуха, расстояние верхнего края стаканчика от резервуара термометра должно быть не менее 2—3 см. Крышка стаканчика изготовляется из цинка или стекла и служит для защиты воды от загрязнения.

Точность определения влажности воздуха по психрометру зависит от испарения с поверхности резервуара «смоченного» термометра. Поэтому для получения надежных данных по «смоченному» термометру необходимо следить за качеством и состоянием батиста. Он должен хорошо «тянуть» воду. Поэтому батист предварительно подвергают испытанию на тягу воды. Для этой цели один конец кусочка батиста длиной 10—15 см, вырезанного вдоль волокон ткани, зажимают в штативе, а другой конец опускают в сосуд с дистиллированной водой (рис. 31). В психрометрах применяют

такой батист, который поднимает воду на 7—8 см за 15 минут. Для повязки батиста термометр закрепляют по возможности неподвижно (можно вложить в книгу). Затем выбирают кусочек сциального батиста и примеряют к резервуару термометра. Батист должен обернуть резервуар термометра только один раз, причем край батиста должен заходить друг на друга не более 1/4 окружности резервуара. После того как батист соответствующего размера подобран, его смачивают дистиллированной водой, в мокром виде плотно обертывают вокруг резервуара термометра и закрепляют петлями из ниток в двух местах. Петлю крепко затягивают над резервуаром и слабо завязывают под резервуаром, чтобы не нарушать тягу воды. Во время работы психрометра необходимо следить за чистотой батиста. Загрязненный батист плохо тянет воду, поэтому его рекомендуется менять два раза в месяц, а в пыльных местах чаще.

Наблюдения по психрометру. Перед производством наблюдений необходимо убедиться в том, что батист хорошо смочен. Для контроля следует за 10—15 минут до наблюдений смочить батист, погружая резервуар «смоченного» термометра в приподнятый стаканчик с водой. После этого стаканчик устанавливают на прежнее место. Для получения достаточно точных значений влажности воздуха ошибка в разности отсчетов не должна превышать 0,1°. Поэтому отсчеты по термометрам надо брать очень быстро, так как наблюдатель своим присутствием может изменить показания термометров. Во время наблюдений необходимо остерегаться усиленно дышать на термометр и приближаться к нему фонарь (при отсчетах в ночное время). Для большей точности рекомендуется, где только наблюдатель откроет дверцу психрометрической будки, где помещены термометры, сначала быстро отсчитать десятки доли «сухого» и «смоченного» термометров, а потом — целые градусы. В отсчеты термометров вносятся шкаловые поправки из проверочного свидетельства.

Вычисление величин влажности воздуха производится по показаниям «сухого» и «смоченного» термометров.

Абсолютную влажность воздуха определяют по психрометрической формуле (17):  $e = E_1 - AP(t - t_1)$ ,

относительную влажность и дефицит влажности воздуха вычисляют по формулам (13) и (14):  $r = \frac{e}{E} 100$  и  $d = E - e$ .

Точку росы находят по таблице максимальной упругости (см. приложение, табл. 2, 3).

Абсолютную влажность и дефицит влажности вычисляют с точностью до 0,1 ммб, а относительную влажность — с точностью до 1%.

**Пример.** Температура по «сухому» термометру  $t = 20,0^\circ$ , а по «смоченному»  $t_1 = 17,5^\circ$ , давление воздуха  $P = 1000$  ммб.

Для вычисления абсолютной влажности по психрометрической формуле необходимо найти значение максимальной упругости при температуре «смочен-



ного» термометра: при  $t_1 = 17,5^\circ$ ,  $E_1 = 20,0$  мб (см. приложение, табл. 3). Подставляя полученные значения в психрометрическую формулу (17), определяем абсолютную влажность:

$$e = 20,0 - 0,0007947 \cdot 1000(20,0^\circ - 17,5^\circ) = 18,0 \text{ мб.}$$

Для определения относительной влажности и дефицита влажности воздуха по формулам (13) и (14) необходимо знать максимальную упругость при температуре воздуха. Находим ее по таблице 3 приложения только по температуре «сухого» термометра. При  $t = 20,0^\circ$ ,  $E = 23,4$  мб. По формуле (13) определяем относительную влажность:

$$r = \frac{18,0}{23,4} \cdot 100 = 77\%,$$

а по формуле (14) — дефицит влажности:  $d = 23,4 - 18,0 = 5,4$  мб.

Точку росы ( $t_r$ ) находим по абсолютной влажности в таблице 2 приложения. Известно, что точка росы соответствует той температуре, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, при неизменном давлении достигает насыщения, т. е. в указанном примере нужно определить температуру, при которой 18,0 мб будет соответствовать максимальной упругости. В таблице 2 приложения 18,0 мб соответствует температуре  $15,8^\circ$ . Следовательно,  $t_r = 15,8^\circ$ .

На практике для ускорения процесса вычисления величин влажности воздуха пользуются специальными психрометрическими таблицами.

Психрометрические таблицы В. А. Савича (1952 г.) составлены по указанным выше формулам (13, 14, 17) для различных значений температуры «сухого» и «смоченного» термометров при давлении 1000 мб.

На каждой странице психрометрических таблиц имеется пять колонок, над которыми написаны значения температуры по «сухому» термометру. Колонки имеют, в свою очередь, четыре столбика, соответствующие температуре «смоченного» термометра ( $t_1$ ), абсолютной влажности ( $e$ ), относительной влажности ( $r$ ) и дефициту влажности ( $d$ ) (см. табл. 3, в которой приведены только 4 колонки).

Образец психрометрических таблиц

Таблица 3

| n | 20,0  |      |     |     | 20,1  |      |     |     | 20,2  |      |     |     | 20,3  |      |     |     |
|---|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|
|   | $t_1$ | $e$  | $r$ | $d$ | $t_1$ | $e$  | $r$ | $d$ | $t_1$ | $e$  | $r$ | $d$ | $t_1$ | $e$  | $r$ | $d$ |
| 6 | 17,0  | 17,0 | 73  | 6,4 | 17,1  | 17,1 | 73  | 6,4 | 17,2  | 17,2 | 73  | 6,5 | 17,3  | 17,4 | 73  | 6,4 |
| 6 | 17,1  | 17,2 | 74  | 6,2 | 17,2  | 17,3 | 74  | 6,2 | 17,3  | 17,5 | 74  | 6,2 | 17,4  | 17,6 | 74  | 6,2 |
| 5 | 17,2  | 17,4 | 74  | 6,0 | 17,3  | 17,5 | 75  | 6,0 | 17,4  | 17,7 | 75  | 6,0 | 17,5  | 17,8 | 75  | 6,0 |
| 5 | 17,3  | 17,6 | 75  | 5,8 | 17,4  | 17,7 | 75  | 5,8 | 17,5  | 17,9 | 75  | 5,8 | 17,6  | 18,0 | 75  | 5,8 |
| 5 | 17,4  | 17,8 | 76  | 5,6 | 17,5  | 18,0 | 76  | 5,5 | 17,6  | 18,1 | 76  | 5,5 | 17,7  | 18,2 | 76  | 5,6 |
| 5 | 17,5  | 18,0 | 77  | 5,4 | 17,6  | 18,2 | 77  | 5,3 | 17,7  | 18,3 | 77  | 5,4 | 17,8  | 18,4 | 77  | 5,4 |

Для определения влажности воздуха по таблицам необходимо найти страницу и колонку, над которой температура по «сухому» термометру соответствует отчету по психрометру. Затем надо

спускаться по первому столбику колонки до значения отчета температуры по «смоченному» термометру. Числа, расположенные рядом со значением температуры «смоченного» термометра во втором, третьем и четвертом столбиках, и есть искомые величины влажности воздуха. Например,  $t = 20,0^\circ$ ,  $t_1 = 17,5^\circ$ ,  $P = 1000$  мб. Из таблицы 3 находим, что  $e = 18,0$  мб,  $r = 77\%$  и  $d = 5,4$  мб.

Если давление воздуха отнялось от 1000 мб или наблюдения производились аспирационным психрометром, то для определения величин влажности воздуха надо пользоваться еще таблицей поправок к «смоченному» термометру. В этом случае сначала по температуре «сухого» и «смоченного» термометров находим поправочное число. Поправочные числа даны слева и справа каждой страницы под буквой  $n$ . По величине поправочного числа  $n$  и атмосферному давлению по таблице поправок (психрометрические таблицы В. А. Савича, стр. 243) находим поправку к «смоченному» термометру ( $\Delta t_1$ ). После этого величины влажности воздуха определяем так, как уже говорилось выше, только температуру «смоченного» термометра берем с учетом поправки ( $t_1 \pm \Delta t_1$ ).

**Аспирационный психрометр** очень удобен для измерения влажности воздуха в полевых условиях и особенно среди растений. Измерять влажность воздуха им можно на любом уровне без специальных защитных установок.

Аспирационный психрометр по принципу действия аналогичен стационарному. Основу аспирационного психрометра составляют два одинаковых психрометрических термометра 1, 2 (рис. 32) с резервуарами цилиндрической формы. Термометры закреплены в специальной оправе, состоящей из трубки 3, раздвигающейся книзу на две трубки 5, 6, планок 4 и аспиратора 7. В трубках 5 и 6 имеются еще трубки 11 и 12, в которых помещаются резервуары термометров. Двойные трубки защищают резервуары от нагревания солнечными лучами. Чтобы тепло от корпуса не передавалось к резервуарам, трубки изолированы от корпуса пластмассовыми кольцами 9 и 10. Внутри аспиратора 7, который навинчивается на верхний конец трубки 3, находится пружинный механизм. Пружина заводится ключом 8. В результате работы аспиратора вокруг резервуаров термометров создается постоянный ток воздуха со скоростью 2 м/сек. Поэтому показания прибора не зависят от скорости ветра в окружающем воздухе.

Для лучшего отражения солнечных лучей металлические части прибора оптолированы.

Благодаря изоляции резервуаров термометров от корпуса, хохшей полировке его и искусственной вентиляции аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты от действия солнечных лучей и движения воздуха.

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

При работе с аспирационным психрометром необходимо следить за сохранностью его полировки, за исправностью трубок, предохраняющих резервуары, и постоянством аспирации. Порча хотя бы одного из этих элементов может значительно исказить показания прибора. Для предохранения полировки прибора от порчи резервуар психрометра всегда держать в футляре, не брать его потными руками, предохранять от отпотевания и царапин. После наблюдений прибор обязательно протирают замшей или чистой тряпкой. Аспирацию психрометра необходимо периодически проверять, так как со временем могут измениться скорость аспирации и, следовательно, показания прибора.

Для проверки скорости аспирации надо определить скорость вращения барабана, установленного в головке аспирационного психрометра. Для этого заводят пружину и ожидают, когда в окошечке 17 аспиратора появится метка, сделанная для проверки психрометра. В этот момент вентилятор задерживают кусочком картона. Затем пружину заводят еще раз и аспиратор пускают одновременно с секундомером. Когда в окошечке вторично появится

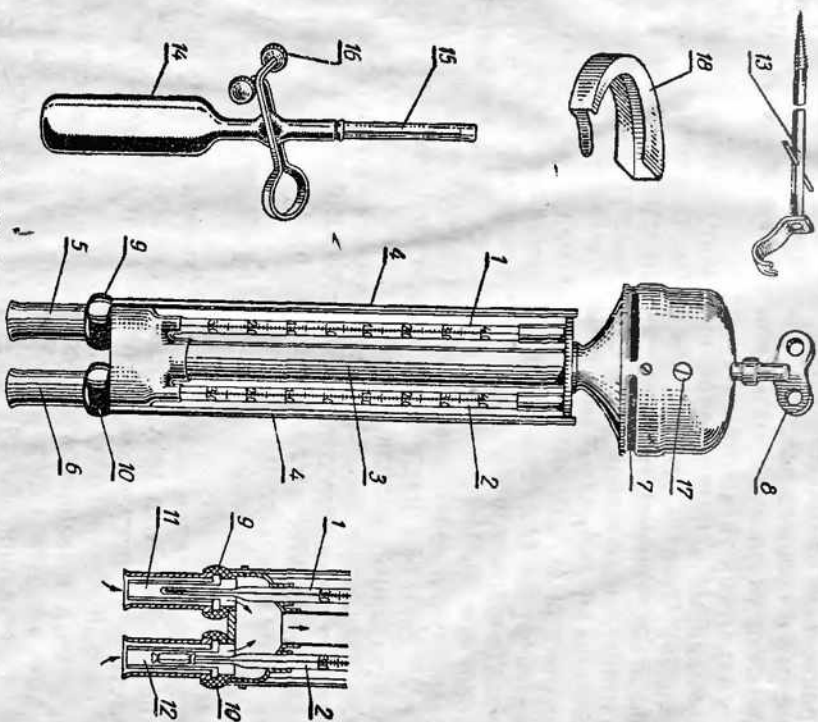


Рис. 32. Аспирационный психрометр.

метка, секундомер останавливают и отмечают время полного оборота. Если полученное время оборота барабана соответствует времени, указанному в поверочном свидетельстве, прибор исправен. В среднем барабан делает полный оборот за 80—95 секунд.

Для правильной работы психрометра необходимо следить за чистотой батиста и своевременно менять его. Повязка батиста к резервуару «смоченного» термометра у аспирационного психрометра производится так же, как и у стационарного. Только у аспирационного психрометра батист подрезают непосредственно под резервуаром термометра.

Установка. В стационарных условиях прибор подвешивают на специальном столе с наветренной стороны. Наблюдатель при отчетах должен подходить с подветренной стороны, то есть так, чтобы воздух шел от прибора к столбу и наблюдателю. В полевых условиях психрометр можно подвесить на тонком шесте, закрепленном в почве с помощью трех растяжек, или положить горизонтально на козлы (рис. 33). При горизонтальном положении психрометр должен быть всегда одинаково повернут к ветру, а трубки затенены экраном от солнечных лучей. При большом ветре во время наблюдений на аспиратор наделают с наветренной стороны защиту 18, которая устраняет действие ветра на скорость аспирации.

Наблюдения. Аспирационный психрометр выносят на место определения влажности воздуха зимой за 30 минут, а летом за 15 минут до начала наблюдений. Непосредственно перед наблюдением смачивают батист дистиллированной водой из резиновой груши. Для этого, ослабив зажим 16, поднимают воду из груши 14 в стеклянную пипетку 15 до указанной на ней черты и выводят пипетку в трубку 12, в которой находится резервуар «смоченного» термометра, на 3—5 секунд. Затем пипетку выводят из трубки, а воду из нее спускают в грушу. После этого ключом 8 заводят до отказа пружину вентилятора. Заводить пружину вентилятора надо осторожно, чтобы не сорвать ее.

Отсчеты берут летом через 4 минуты после смачивания, а зимой через 30 минут. При отчетах вентилятор должен работать полным ходом. Поэтому зимой за 4 минуты до отсчетов вентилятор заводят вторично.

При наблюдениях сначала быстро отсчитывают десятые доли градуса на каждом термометре, а потом целые градусы.

Вычисление величин влажности воздуха по показаниям аспирационного психрометра выполняется так же, как и при работе со стационарным. Абсолютную влажность ( $e$ ) определяют по психрометрической формуле (17), только для аспирационного психрометра коэффициент  $A = 0,000662$ .

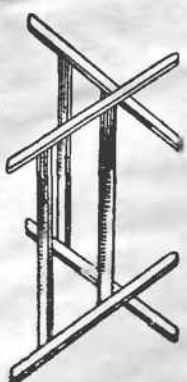


Рис. 33. Подставка для аспирационного психрометра.



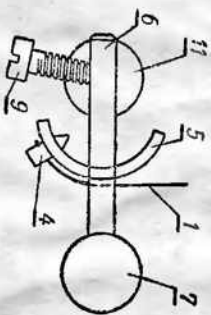
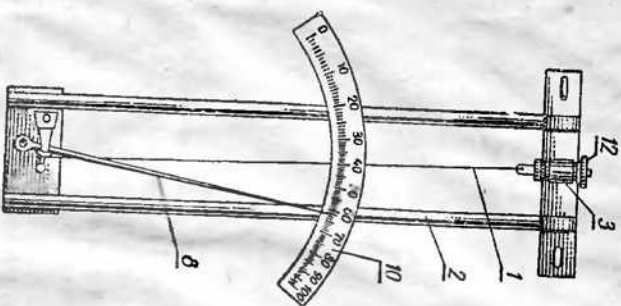


Рис. 34. Волосной психрометр.

Относительная влажность и дефицит влажности воздуха рассчитывают по формулам (13) и (14), а точку росы определяют по таблице максимальной влажности.

Все величины влажности воздуха могут быть определены по психрометрическим таблицам (см. стр. 52).

Так как таблицы составлены для аспирационного психрометра и для давления 1000 мб, то сначала к показаниям «смоченного» термометра вводится поправка на аспирацию и давление, а потом уже по исправленным значениям температуры «смоченного» термометра находят величины влажности воздуха (е, г, d).

**Волосной психрометр** (рис. 34) служит для измерения относительной влажности воздуха. Приемной частью его является обожженный волос 1, натянутый на металлическую раму 2. Верхний конец волоса закреплен на нижнем конце регулировочного винта 3 с контргайкой 12. Ослабив контргайку поворотом винта 3, можно менять натяжение волоса на раме. Нижний конец волоса закреплен в отверстии металлической дужки 5, на том 9. Крепление волоса вниз и вверх производится деревянными штифтами 4 и шпалаком. Стержень 6 и стрелка 8 укреплены на одной оси 11. Поэтому изменение длины волоса в результате воздуха или поворота регулировочного винта вызывает поворот стрелки вокруг оси и смещение ее вышени влажности воздуха волос удлиняется от 0 до 100%. При повороте, при уменьшении влажности волос укорачивается и стрелка движется отходит влево. Так как волос меняет свою длину неравномерно, то чем в конце. Волос поддерживается в натянутом состоянии шаровидным грузиком 7, который заканчивается стержень 6.

Установка. Волосной психрометр устанавливают в психрометрической будке на специальном штативе между «сухим» и «смоченным» термометрами (рис. 26, 7). Перед работой психрометра показания его сравнивают с показаниями психрометра. Для установки стрелки психрометра на любом делении надо освободить

контргайку 12 и поворачивать регулировочный винт 3 до тех пор, пока стрелка не станет на нужное деление. После этого регулировочный винт снова закрепляют контргайкой.

Отсчеты по психрометру производятся с точностью до 1%. Для контроля исправности работы прибора после каждого отсчета стрелку отводят немного влево. Если стрелка возвращается к первоначальному положению, прибор работает нормально.

Волосной психрометр — относительный прибор. Поэтому в его показаниях вводят поправки, которые обычно получают сравнением показаний психрометра с показаниями психрометра. Большей частью волосной психрометр используют для определения влажности воздуха при отрицательных температурах, когда психрометры могут давать значительную погрешность. Так как для определения поправок к психрометру необходимо иметь параллельные наблюдения по психрометру и психрометру, то отсчеты по психрометру производят и в теплое время года.

Для получения поправок для волосного психрометра строят график по ежедневным отсчетам психрометра и волосного психрометра. По оси абсцисс откладывают относительную влажность по психрометру, а по оси ординат — по психрометру (рис. 35). При исправных психрометре и психрометре все точки, соответствующие влажности воздуха по психрометру и психрометру, располагаются узкой полосой, среди которых проводят среднюю линию, или линию зависимости.

Исправленные значения влажности воздуха по психрометру определяют по графику следующим образом. На оси абсцисс находят точку, соответствующую показанию психрометра, и из этой точки восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линией зависимости. Затем через точку пересечения перпендикуляра с линией зависимости проводят линию, параллельную оси абсцисс. Точка пересечения данной линии с осью ординат и будет искомым значением относительной влажности воздуха.

Например, отсчет по психрометру 70%. Пользуясь графиком (рис. 35), находим, что исправленное значение влажности воздуха равно 67%.

Обычно на основании данных, снятых с графика, составляют таблицу, которой и пользуются в работе (такая таблица показана в правой стороне рис. 35). Показания психрометра в этой таблице находятся в правом вертикальном столбце (десятки) и верхнем горизонтальном (единицы). Исправленное значение влажности воздуха определяется на пересечении десятков и единиц влажности воздуха по психрометру. Допустим, отсчет по психрометру составляет 75%. Исправленное значение относительной влажности воздуха (по таблице) для этого отсчета будет 73%.

Для проверки работы волосного психрометра в зимнее время строят графики поправок для осенних и весенних месяцев. Совпадение этих поправок свидетельствует о правильной работе психрометра.

По данным измерений относительной влажности и температуры воздуха можно рассчитать абсолютную влажность, дефицит влажности и точку росы.

Определив максимальную упругость ( $E$ ) по температуре воздуха  $t$  (приложение, табл. 2 или 3), рассчитывают по формуле (13) абсолютную влажность воздуха:

$$r = \frac{e}{E} \cdot 100$$

и по формуле (14) дефицит влажности воздуха:

$$d = E - e.$$

Точку росы находят в таблице максимальной упругости по величине абсолютной влажности воздуха.

Пример. Относительная влажность воздуха по гигрометру  $r = 77\%$ , температура  $t = 20,0^\circ$ . Найти абсолютную влажность воздуха  $e$ , дефицит влажности  $d$  и точку росы  $t_r$ .

Максимальная упругость  $E = 23,4$  ммб при  $t = 20^\circ$ . Из формулы (13) определим:

$$e = \frac{rE}{100} = \frac{77 \cdot 23,4}{100} = 18,0 \text{ ммб.}$$

Дефицит влажности определим по формуле (14):

$$d = E - e = 23,4 - 18 = 5,4 \text{ ммб.}$$

Точка росы при абсолютной влажности 18 ммб равна  $15,8^\circ$  (приложение, табл. 2).

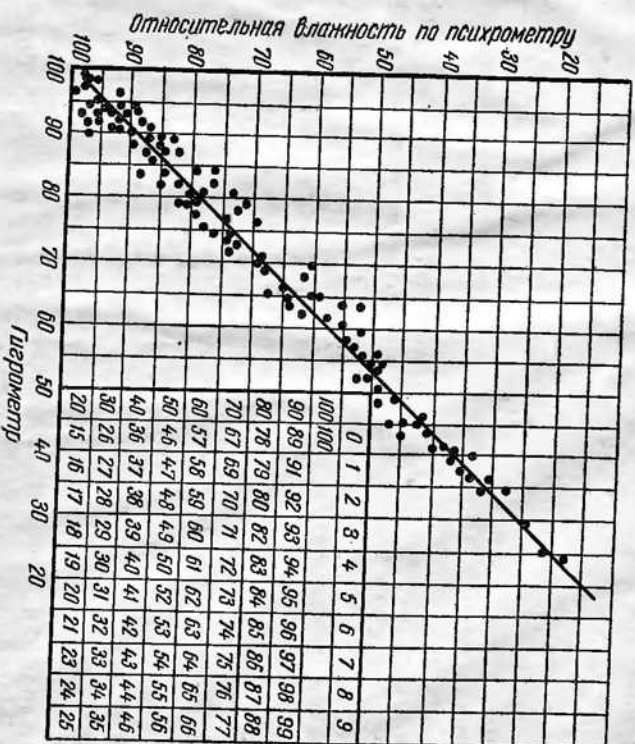


Рис. 35. График поправок для волосного гигрометра.

### Пленочный гигрометр (рис. 36)

служит для измерения относительной влажности воздуха. Приемной частью его является натянута на металлическое кольцо пироксочисечная животная пленка 1 (мембрана), в центре которой находится металлическая шайба. Приемник прикрепляется подпружиненными винтами 6 к металлической раме 8. Тягой 2 мембрана соединена с передаточным механизмом прибора, состоящим из оси 4, стрелки 5 и грузика 3, который обеспечивает постоянное натяжение пленки. Благодаря такому устройству передаточного механизма изменения упругих свойств мембраны, происходящие в результате изменения влажности воздуха, передаются на стрелку. Отсчет влажности воздуха производится по шкале 7. Деления шкалы равномерны, так как упругие свойства пленки меняются равномерно с изменением влажности воздуха.

Для крепления прибора в металлической раме есть отверстие 9 и лапки 10. Стрелку гигрометра устанавливают на заданную влажность воздуха винтом 6.

Пленочный гигрометр — прибор относительный. Поэтому в его показаниях, как и в показаниях волосного гигрометра, вводятся поправки, полученные сравнением показаний пленочного гигрометра с показаниями психрометра.

Гигрограф применяется для непрерывной регистрации изменений относительной влажности воздуха. Гигрографы бывают волосные и пленочные. Ниже дается описание волосного гигрографа (рис. 37).

Приемной частью волосного гигрографа является пучок из 35—40 штук обезжиренных волос 1, который закрепляется в точках 2 и 3 с помощью эбонитовых втулок на металлическом крушштейне 5. Передаточная часть гигрографа представляет собой систему рычагов двух коленчатых валов. Пучок волос в середине одет на крючок 4, который тягой 11 соединен с рычагом 7. Таким образом, изменения длины волоса воспринимаются рычагом 7 и передаточного вала. Вторым рычагом этого вала является стрелка 11 с пером на конце. Криволинейные рычаги 9 и 10 скользят один по другому. При такой передаче исключается обрыв волоса при случайном

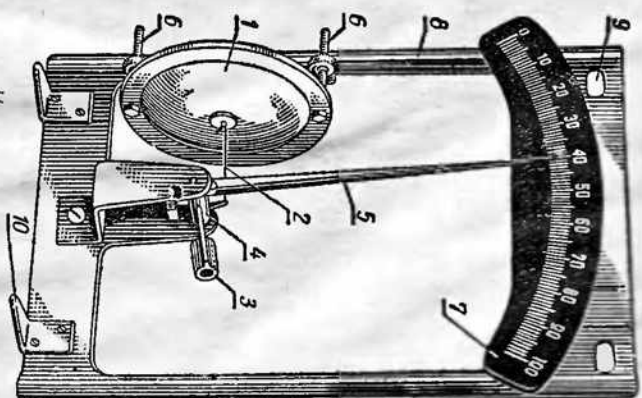


Рис. 36. Пленочный гигрометр.



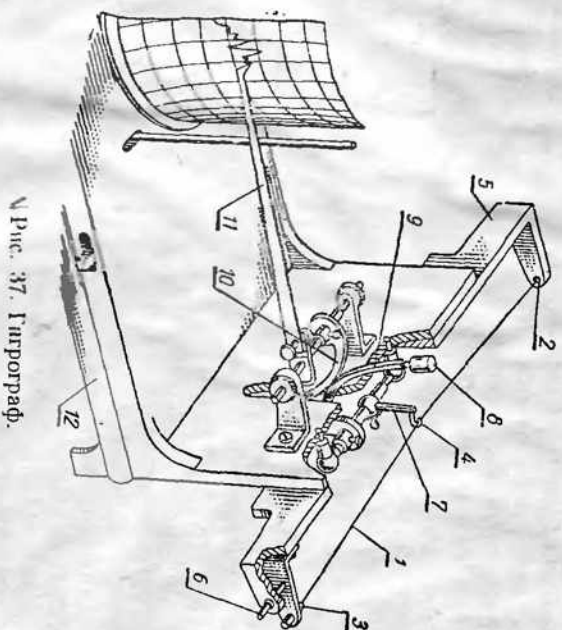


Рис. 37. Психрограф.

вложиме на рычаг 11. Кроме того, криволинейные рычаги компенсируют неравномерность удлинения волоса. Благодаря криволинейным рычагам, кривизна которых специально рассчитана, достигается равномерное перемещение пера на ленте при неравномерных изменениях длины пучка волос с изменением влажности. Волос находится в натянутом состоянии благодаря противовесу 8, которым заканчивается рычаг 9. Изменение чувствительности психрографа осуществляется изменением длины рычага 7 и длины пучка волос в точках крепления 2 и 3. Подложка чувствительности психрографа закладывается в том, чтобы размах пера по ленте при изменении влажности соответствовал фактическому изменению влажности воздуха.

Регистрирующей частью психрографа служит барабан с часовым механизмом. В зависимости от скорости вращения барабана психрографы могут быть суточными и недельными. Часы заводят ключом по направлению, указанному стрелкой. На барабан надевают бумажную ленту, расправленную параллельными горизонтальными линиями и вертикальными дугами. По вертикальным дугам определяют время, а по горизонтальным прямым линиям — относительную влажность воздуха. Каждое деление на ленте для влажности воздуха соответствует 1%, а по времени — 15 минутам для суточного и 2 часам для недельного психрографа.

Барабан устанавливается на вертикальную ось, имеющую неподвижную шестерню, с зубцами которой соединяются зубцы трибки барабана. Весь прибор смонтирован на специальной подставке 12 и закрывается крышкой. Волос от механических повреждений предохраняется защитой.

**Установка.** Психрограф устанавливают в одной руке с термометром. Перед работой прибора барабан заводят до отката и на него надевают ленту, на обороте которой отмечают время установки. Ленту на барабане закрепляют специальным лентоудержателем, треугольное перо заполняют чернилами и с помощью протирки прижимают к ленте. Перо должно быть установлено на то деление, которое соответствует фактической относительной влажности воздуха (по психрометру). На заданное деление влажности воздуха перо психрографа устанавливается специальным установочным винтом 6, вращение которого меняет натяжение волоса.

Так как психрограф является прибором относительным, то результаты измерения влажности воздуха необходимо сравнивать с показаниями психрометра. Для этой цели во время отчета психрометра делаются засечки на психрографе тем же подъемом пера.

**Обработка ленты психрографа** производится графическим методом один раз в месяц. Для этого строят график по отсчетам психрометра и отсчетам, снятым с ленты психрографа, аналогично графику поправок для психрометра. По оси абсцисс откладывают относительную влажность воздуха по психрометру, по оси ординат — по психрометру. Среди полученных точек на графике проводят плавную кривую линии зависимости, по которой определяют поправки для психрографа.

Дальнейшая обработка ленты заключается в том, что, пользуясь полученным графиком для каждого отсчета по психрометру, снятого с ленты, находят соответствующий отсчет по психрометру, который и будет исправленным отсчетом психрографа. Отсчеты с ленты психрографа снимают с точностью до 1%. Исправленные отсчеты психрографа заносят в таблицу.

Для летних месяцев составляют графики на каждый месяц, а для обработки записей зимних месяцев используют графики осенних и весенних сезонов.

Если при работе в зимних условиях на волосе прибора образуются лед, его нельзя удалять механически. В этом случае прибор надо занести в плохо обогреваемое помещение и дать постепенно растаять льду.

В случае выхода зимой стрелки психрографа за пределы шкалы необходимо перевести ее, изменив натяжение волоса установочным винтом 6.

Обработка наблюдений по пленочному психрографу проводится так же, как и по волосному.

## Глава V. НАБЛЮДЕНИЯ НАД ОБЛАКАМИ

**Облачность** называется степенью покрытия неба облаками. Сведения об облачности и характере облаков имеют большое значение. Облака уменьшают приток солнечной радиации и излучение

Земли. Из них выпадают осадки. По облакам можно судить о процессах, происходящих в атмосфере. Различным воздушным массам и различным фронтам свойственны различные облака. Поэтому наблюдения за облачностью дают возможность предвидеть предстоящие изменения погоды на короткий срок.

При наблюдениях за облачностью определяются преимущественно количество (облачность) и формы облаков.

#### ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с атласом облаков\* и подобрать фотографии облаков соответственно их классификации. Определить количество и формы облаков в данный момент.

2. Подобрать фотографии облаков (по «Атласу облаков» или прилагаемым рисункам), наблюдающихся при прохождении теплых и холодных фронтов.

### § 13. Определение количества облаков

Количество облаков определяется по 10-балльной шкале (от 0 до 10). Полное покрытие неба облаками соответствует 10 баллам, ясное небо — 0; 0,1 покрытия неба облаками — 1 балл, 0,2 — 2 балла и т. д.

Наблюдения за количеством облаков проводятся на глаз с одного и того же места. Обычно, помимо общего количества облаков, записывают отдельно количество нижних облаков, к которым относятся слоистые, слоисто-кучевые, слоисто-дождевые, кучевые и кучево-дождевые облака. День считается пасмурным, если облачность 8 баллов и больше, и ясным, если облачность 2 балла и меньше.

### § 20. Определение форм облаков

Формы облаков очень разнообразны. По внешнему виду, строению и высоте распространения они объединены в четыре семейства (морфологическая классификация облаков), в которых различают 10 основных родов (форм) облаков. Каждый из 10 основных родов в зависимости от условий образования и особенностей внешнего строения подразделяется еще на виды и разновидности. Подробные сведения о формах облаков, их видах и разновидностях даны в «Атласе облаков».

**1 семейство.** К нему относятся облака верхнего яруса, наблюдающиеся на высоте более 6000 м: перистые — *Cirrus* (Ci) (рис. 38), перисто-кучевые — *Cirrocumulus* (Cc) (рис. 39) и перисто-слоистые облака — *Cirrostriatus* (Cs) (рис. 40). Облака верхнего яруса состоят из мелких ледяных кристалликов. Это очень



Рис. 38. Перистые облака *Cirrus* (Ci).



Рис. 39. Перисто-кучевые облака — *Cirrocumulus* (Cc).

\* Атлас облаков. Гидрометеоназдат, Л., 1957.



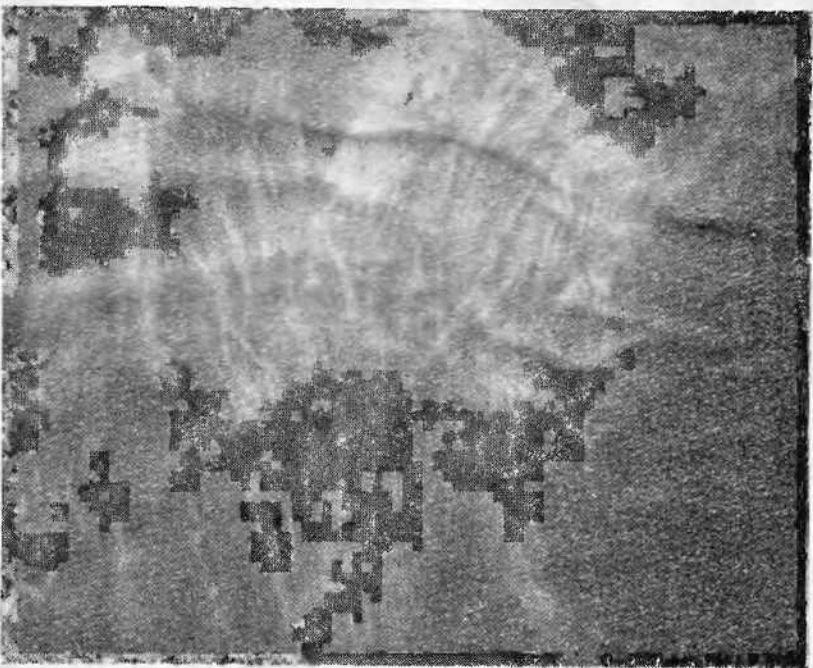


Рис. 40. Перисто-слоистые облака — Cirrostratus (Cs).

тонкие облака, через которые просвечивают не только солнце и луна, но часто и голубое небо. Осадки из них не выпадают.

*Перистые облака* (Ci) по внешнему виду представляют собой отдельные белые очень тонкие волокна, распределяющиеся по небу то более или менее параллельно, то причудливо перепутанным клубком.

*Перисто-кучевые облака* (Cc) по внешнему виду напоминают очень мелкие белые волны, хлопья или рябь.

*Перисто-слоистые облака* (Cs) имеют вид белой или голубоватой тонкой однородной пелены. Иногда эти облака настолько тонки, что их удается обнаружить только по наличию гало (круги вокруг солнца или луны).

II семейство включает облака среднего яруса, высота распространения которых от 2000 до 6000 м. К этому семейству относятся высококучевые — Altoppilus (Ac) (рис. 41) и высокослоистые

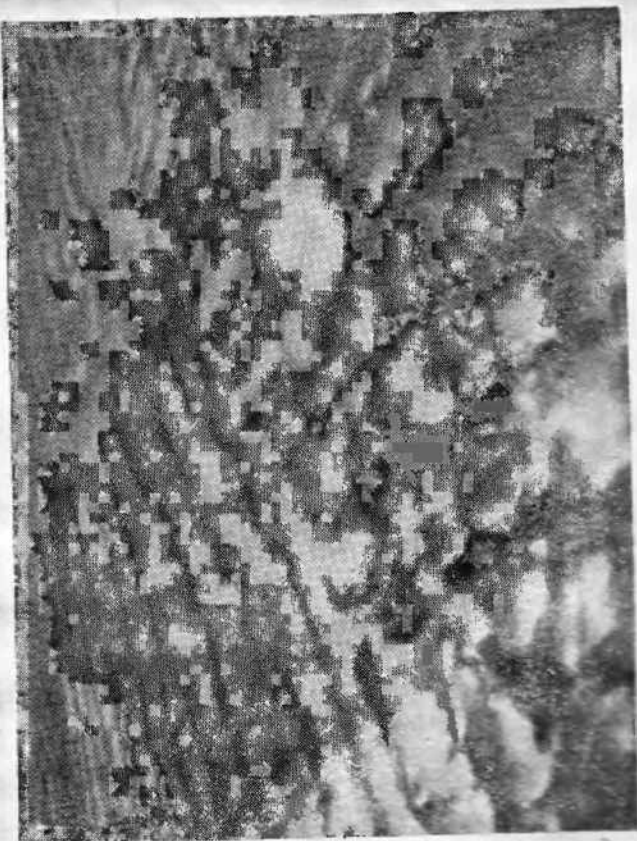


Рис. 41. Высококучевые облака Altoppilus (Ac).

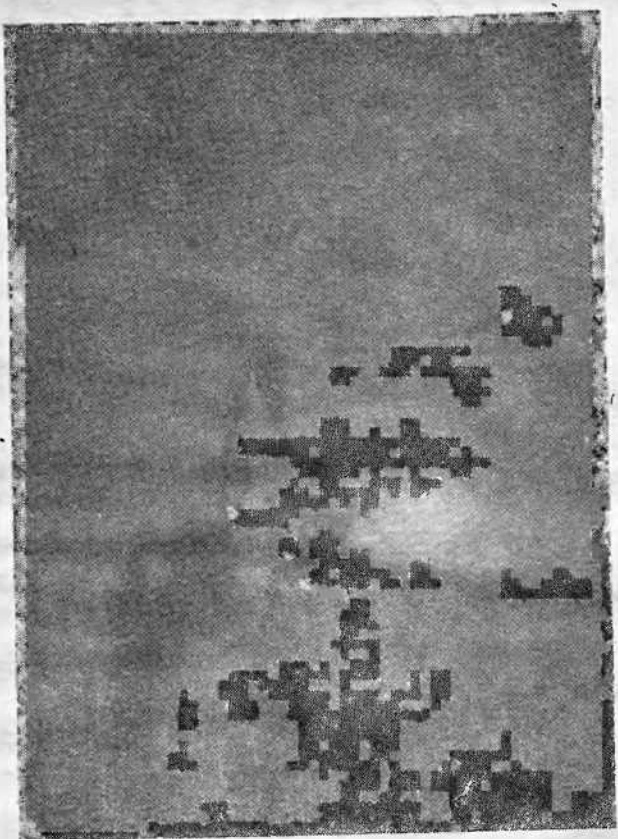


Рис. 42. Высокослоистые облака — Altoppilus (As).

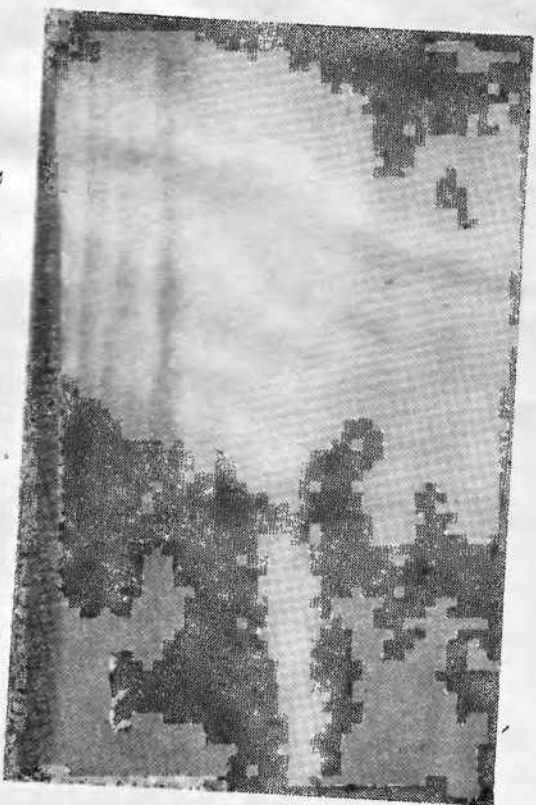


Рис. 43. Слоистые облака — Stratus (St).

облака — Altostratus (As) (рис. 42). Облака среднего яруса значительно плотнее облаков нижнего яруса. Состоят они преимущественно из переохлажденных капель воды и кристаллов льда. Зимой из них могут выпадать небольшие осадки.

**Высококучевые облака (Ac)** белого, серого и синеватого цвета, по внешнему виду напоминают крупные гальки или хлопья, разделенные просветами голубого неба, но могут сливаться почти в сплошной покров.

**Высокослоистые облака (As)** серого или синеватого цвета, представляют собой однородную пелену легкого волнистого строения. На нижней поверхности высокослоистых облаков наблюдаются слабо выраженные волны.

Солнце и луна просвечивают через тонкие высокослоистые и совсем не просвечивают. Край облаков, проходя вблизи солнца и луны, окрашиваются в слабые радужные тона.

III семейство объединяет облака нижнего яруса: слоисто-кучевые (рис. 43) и слоисто-дождевые облака Nimbostratus (Ns) (рис. 45). Эти облака лежат ниже 2000 м и имеют вид низких серых тяжелых гряд, валов или пелен, закрывающей небо сплошным покровом. Солнце через облака нижнего яруса, как правило, не просвечивает.

**Слоисто-кучевые облака (Sc)** представляют собой крупные гряды, пластины или хлопья серого цвета, разделенные просветами или сливающиеся в сплошной покров. Состоят они преимущественно из капель воды. Из слоисто-кучевых облаков осадков обычно не выпадает.

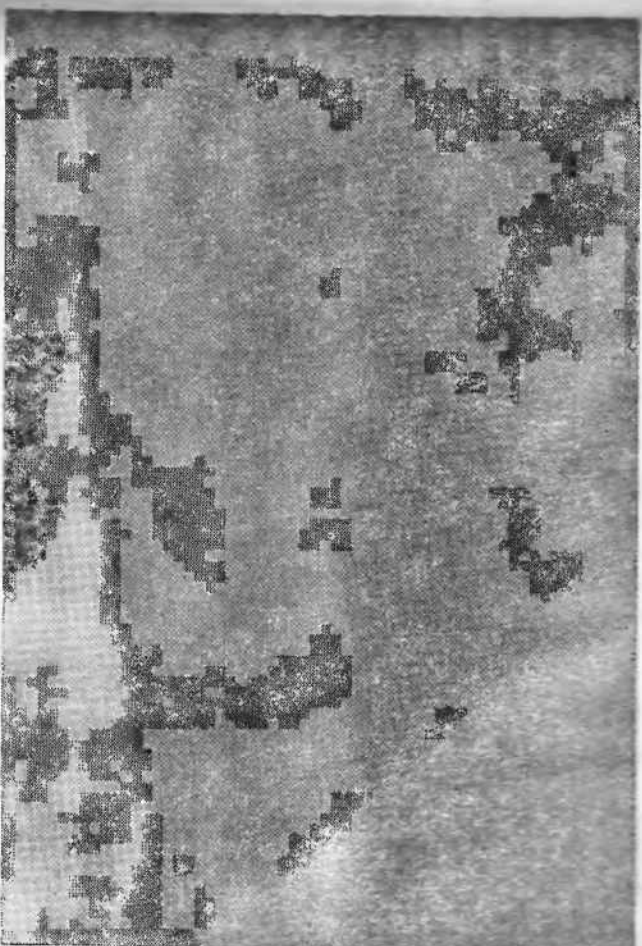


Рис. 44. Слоисто-кучевые облака — Strato-cumulus (Sc).

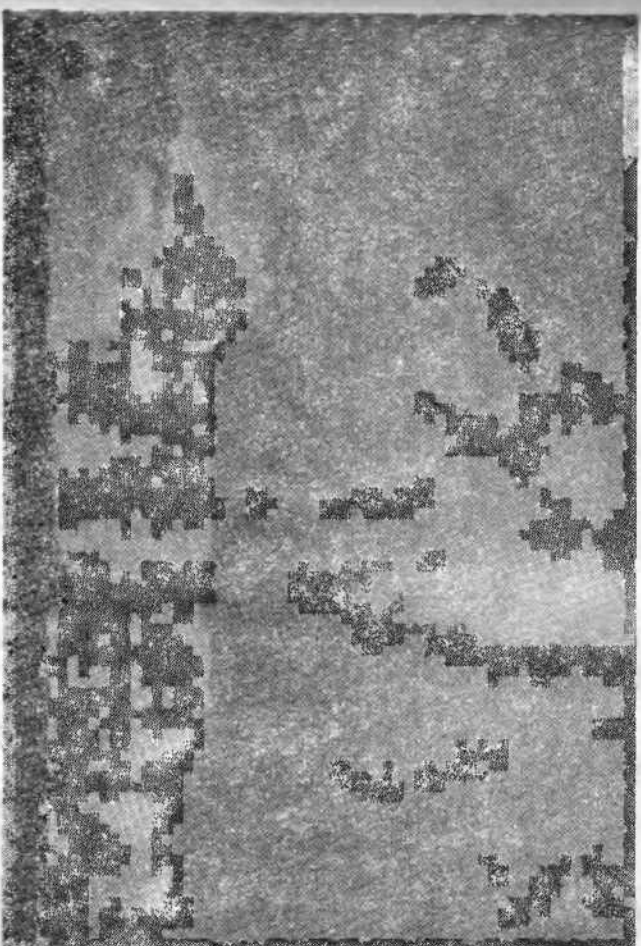


Рис. 45. Слоисто-дождевые облака — Nimbostratus (Ns).



*Слоистые облака (St)* покрывают все небо однородной серой или желто-серой пеленой. По внешнему виду слоистые облака напоминают туман, поднятый над землей. Нижняя часть их иногда может быть разорванной, клочковатой. Слоистые облака состоят из мельчайших капель воды, ледяных кристаллов и снежинок. Осадки выпадают из слоистых облаков редко и то в виде мороси, мелкого снега или отдельных снежных зерен.

*Слоисто-дождевые облака (Ns)* представляют собой сплошной облачный слой темно-серого цвета, иногда с желтоватым или синеватым оттенком. Состоят они из переохлажденных капель воды и ледяных кристаллов. Из слоисто-дождевых облаков выпадают осадки обложного характера в виде дождя или снега.

**IV семейство.** К нему относятся облака вертикального развития. Нижняя граница их может быть на высоте 400—1500 м, а верхняя туча достигает верхнего яруса. К облакам вертикального развития относятся кучевые — *Cumulus* (Cu) (рис. 46) и кучево-дождевые облака — *Cumulonimbus* (Cb) (рис. 47).

Облака вертикального развития имеют вид отдельных плотных облачных масс с плоскими основаниями и причудливыми вершинами, напоминающими громады купола и башни. Вершины облаков всегда ослепительно белые, а основания могут быть сероватыми или темно-серыми.

*Кучевые облака (Cu)* могут быть на небе в виде отдельных редких облаков или в виде значительного скопления их. Располагаются по небу обычно беспорядочно. Кучевые облака состоят из капель воды, размеры которых у вершины облака больше, чем у основания. Кучевые облака наблюдаются летом. Осадков не дают.

При сильном развитии кучевые облака переходят в мощные кучевые, представляющие собой причудливые нагромождения с темными основаниями и очень белыми клубящимися вершинами.

*Кучево-дождевые облака (Cb)* имеют большую вертикальную мощност и представляют собой горообразные облачные массы с темными, иногда синеватыми, основаниями и с белыми вершинами волокнистого строения. Кучево-дождевые облака наблюдаются в виде отдельных облаков, но могут закрывать на короткое время весь небосвод. В верхней части кучево-дождевые облака состоят из ледяных кристаллов и переохлажденных капель, а в нижней — из капель воды с примесью снежинок или капель дождя. Солнце или луна не просвечивают через кучево-дождевые облака.

Из кучево-дождевых облаков выпадают осадки ливневого характера. Летом может выпадать град.

Во время наблюдений над формами облаков сначала определяют семейство, а затем уже род и вид облаков. Названия облаков записывают сокращенно.

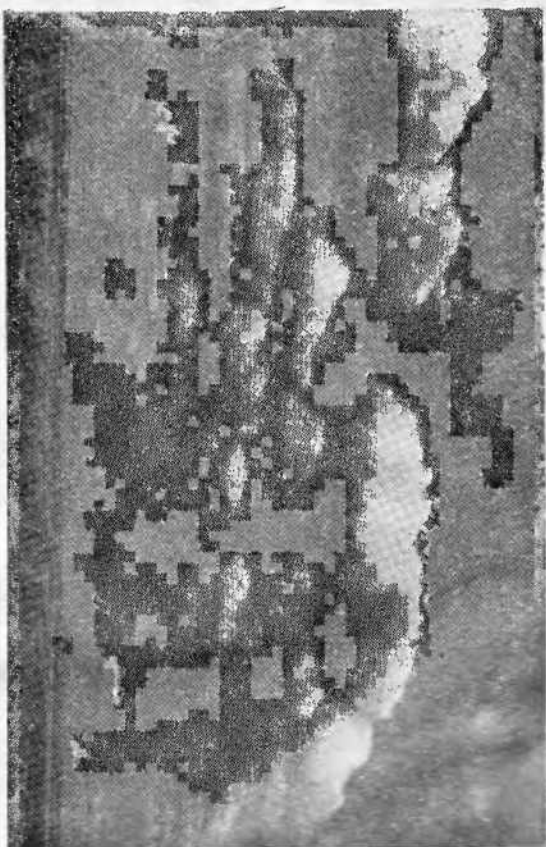


Рис. 46. Кучевые облака — *Cumulus* (Cu).



Рис. 47. Кучево-дождевые облака — *Cumulonimbus* (Cb).

## Глава VI. ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДКОВ И ИСПАРЕНИЯ

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить устройство и установку дождемера, осадкомера, пивниографа, енеромерной рейки, весового снегомера, испарителя ГТИ-500-50 и правила наблюдений по этим приборам.

2. Измерить количество осадков измерительным стаканом и перевести их в  $\text{м}^3$  на 1 га. Определить, какое количество воды в  $\text{м}^3$  на 1 га получит поле и какова интенсивность дождя, если за 10 часов выпал 31 мм осадков.

3. Измерить высоту и плотность снежного покрова. Рассчитать запасы воды в снеге в  $\text{м}^3$  на 1 га при отсчетах по весовому снегомеру, соответствующих 15 и 80 делениям.

4. Построить график (диаграмму) годового хода осадков и высоты снежного покрова по данным ближайшей метеорологической станции.

5. По данным наблюдений по испарителю ГТИ-500-50 рассчитать испарение в мм, если 1 августа монолит весил 42450 г, 6 августа — 42980 г. С 1 по 6 августа выпало 28,4 мм осадков, просочившейся воды между сроками наблюдений не было.

### § 21. Измерение осадков

*Атмосферными осадками* называется вода, выпадающая из облаков в жидком или твердом виде.

Количество выпавших осадков измеряется толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности при условии, что выпавшие осадки не просачивались в почву, не стекали и не испарялись.

Для практических целей часто приходится выражать количество выпавших осадков в  $\text{м}^3/\text{га}$  или в  $\text{т}/\text{га}$ . Так как осадки в 1 мм на 1 га, будет равен 10  $\text{м}^3$ , или 10  $\text{т}/\text{га}$  ( $0,001 \times 10\,000$ ). Следовательно, для выражения осадков в  $\text{м}^3/\text{га}$  или  $\text{т}/\text{га}$  надо количество их в миллиметрах умножить на 10. Например, выпало 22 мм осадков, значит на 1 га выпало 220  $\text{м}^3$ , или 220 т воды.

В зимнее время проводят измерения снежного покрова. Определяют высоту и плотность его. Высота снежного покрова измеряется в сантиметрах, а плотность выражается отношением объема воды в снеге ( $\text{см}^3$ ) к объему снега ( $\text{см}^3$ ) или отношением веса снега (г) к объему снега ( $\text{см}^3$ ).

Атмосферные осадки являются основным источником накопления влаги в почве. Отсутствие или очень малое количество осадков ведет к пересыханию верхнего слоя почвы. В результате этого нарушается водоснабжение сельскохозяйственных культур и снижается их урожайность. Неблагоприятно сказывается на растении и выпадение чрезмерно большого количества осадков. В этом

случае может быть вымокание растений, смыв верхнего горизонта почвы, особенно при ливневых осадках. Зимой на большей части СССР осадки выпадают в виде снега. Снежный покров, обладая малой теплопроводностью, предохраняет почву от глубокого промерзания. Одновременно снежный покров является накопителем зимних осадков. При таянии его весной значительно пополняются запасы продуктивной влаги в почве.

Осадки очень сильно изменяются во времени и пространстве. В одни годы их выпадает много, в другие — мало. Обычно больше осадков выпадает на наветренных склонах, вблизи больших водоемов, лесных массивов и т. д. Поэтому в сельскохозяйственном производстве необходимо вести наблюдения за осадками непосредственно на полях колхозов и совхозов.

### § 22. Приборы для измерения осадков

Для измерения количества осадков применяются дождемеры, осадкомеры, для определения интенсивности выпадения осадков — пивниографы и для наблюдений над снежным покровом — снегомерные рейки и снегомеры.

**Осадкомер Третьякова** (рис. 48) применяется для измерения количества осадков, выпадающих в жидком и твердом виде. В комплект осадкомера входят два цилиндрических ведра, крышка, щита и измерительный стакан.

Ведро 1 осадкомера имеет диаметр 169,5 мм, высоту 400 мм и приемную площадь 200  $\text{см}^2$ . Внутри ведра впаива диафрагма в виде усеченного конуса. Для уменьшения испарения осадков в летнее время отверстие диафрагмы закрывается воронкой с маленьким отверстием для стока. С внешней стороны ведра для слива собранных осадков припаян носик, который закрывается колпачком с пемочкой. Пемочка также припаяна к ведру. Крышка служит для того, чтобы закрывать ведро при переноске его с площадки и на время таяния снега в нем. Собранные осадки выливают в измерительный стакан 5, который представляет собой мензурку с делениями. Одно деление стакана по объему равно 2  $\text{см}^3$ . При приемной части ведра в 200  $\text{см}^2$  такая величина деления соответствует 0,1 мм слоя воды в ведре.

Ведро осадкомера устанавливается в колцевую оправу (таган), которая закреплена неподвижно на деревянном столбе или металлической подставке 2.

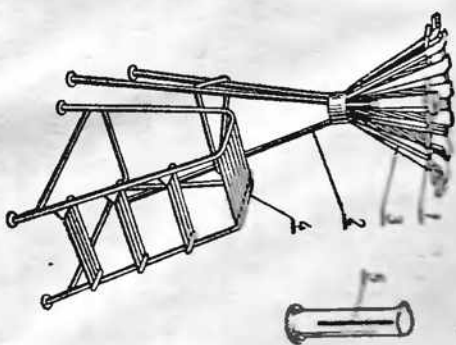


Рис. 48. Осадкомер Третьякова.



Для уменьшения влияния ветра на показания осадкомер имеет защиту 3. Она состоит из 16 планок, имеющих форму равнобедренной трапеции и изогнутых по шаблону. Верхние концы планок отогнуты во внешнюю сторону и находятся на одной высоте с верхним краем ведра. Планки крепятся кольцевым прутком и укосидами. Планки устанавливаются на одинаковом расстоянии друг от друга и стянуты между собой отрезками цепочки.

Установка. Осадкомер устанавливается в защищенном от сильных ветров месте. Одновременно осадкомер должен быть удален от окружающих предметов, чтобы он не был заслонен при ком дожде.

Высота деревянного столба или металлической подставки для осадкомера 1,6 м от земли. В этом случае приемная часть осадко-столба должна быть подстанка 4.

Наблюдения по осадкомеру ведутся ежедневно четыре раза в сутки. Во время наблюдений производится смена ведер. Крышное ведро выносит из помещения и устанавливается в кольцевую опору, а снятое ведро закрывают крышкой и переносят в помещение. Смена ведер обязательна, даже в те дни, когда осадки не были замечены наблюдателем.

Содержимое в ведре осадки переливают через носик в измерительный стакан. Если осадки были в виде снега, то их предварительно плавят при комнатной температуре, а потом только переливают в измерительный стакан, записывают число делений стакана и количество осадков в миллиметрах. Стакан во время измерений должен стоять вертикально. Если осадков окажется больше 10 мм, то измерение следует вести частями, сливая осадки несколько раз в стакан, и каждый раз записывать отсчетные деления. Например, при первом наполнении стакана отсчитали 90 делений и при втором — 40. Записывается  $90 + 40 = 130$  делений. Для перевода их в миллиметры следует разделить число делений стакана на 10. В нашем примере вышло 13 мм осадков.

**Почвенный дождемер** (рис. 49) предназначен для измерения жидких осадков почти на уровне почвы. Он состоит из дождемер-

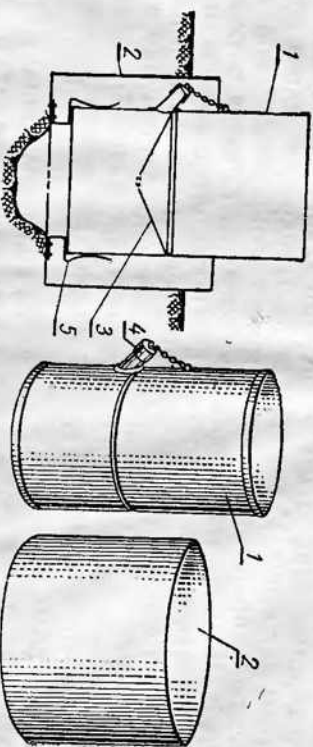


Рис. 49. Почвенный дождемер.

ного ведра 1 и гнезда 2 для его установки. Дождемерное ведро имеет форму цилиндра. Высота его 40 см, диаметр 25,2 см, приемная поверхность 500 см<sup>2</sup>. На высоте 17 см от дна внутри ведра впадина конусовидная диафрагма 3 с шестью отверстиями у вершины ее. С внешней стороны ведра, ниже диафрагмы, имеется носик 4 для сливания выпавших осадков. Носик закрывается коническим, прикрепленным цепочкой к ведру. Диафрагма и конусок необходимы для предохранения собранных осадков от испарения, а также от загрязнения ведра. Гнездо для установки ведра изготовляется из листового стали и имеет форму цилиндра высотой 28 см и диаметром 35 см.

В дне гнезда имеются отверстия для стока воды, попавшей в гнездо, и три пружинных опоры 5 для установки дождемерного ведра.

Установка. Почвенный дождемер устанавливается на открытой площадке. Гнездо дождемера помещают в подготовленное углубление в почве так, чтобы она плотно прилегала к его стенкам, а верхний край гнезда выступал над почвой на 5 см. Для стока воды из гнезда в середине ямы делают небольшое углубление диаметром 10—15 см. После этого дождемерное ведро горизонтально устанавливают на опоры в гнезде.

Измерение осадков производится так же, как по осадкомеру. Поступившие в ведро осадки переливают через носик в измерительный стакан, записывают число делений стакана и количество осадков в миллиметрах. Измерительный стакан дождемера больше измерительного стакана осадкомера. Каждое деление его равно 5 см<sup>3</sup>, или 0,1 мм слоя воды в дождемере. Такое дождемерное ведро может быть установлено и на высоте 2 м. В этом случае к нему нужна другая защита. Обычно для этого применяют металлическую защиту в виде усеченного конуса.

**Дождемер Давиата** (рис. 50) применяется для измерения жидких осадков, он особенно удобен для измерения осадков среди растений.

Дождемер представляет собой цилиндрический стеклянный стакан 1 с расширенной верхней частью 2. Приемная площадь дождемера около 30 см<sup>2</sup>, высота 34 см. Для уменьшения испарения в стакан вставляется стеклянная воронка 3. На стенке стакана нанесены деления в миллиметрах.

Установка. Дождемер Давиата устанавливается на деревянной или металлической подставке с таким расчетом, чтобы верхний край дождемера находился на высоте 1,5 м от земли. Для учета осадков среди растений его можно устанавливать в междурядье прямо на почву.

**Осадкомер суммарный** (рис. 51) предназначен для измерения количества осадков, выпавших в течение длительного промежутка времени, например за месяц, вегетационный период и т. д. Применяется он главным образом для измерения осадков в отдаленных и труднодоступных для наблюдений местах.

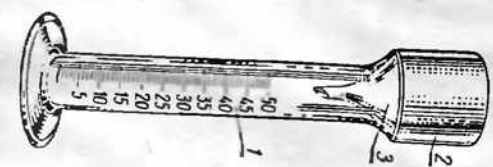


Рис. 50.  
Дожднемер  
Давиная.

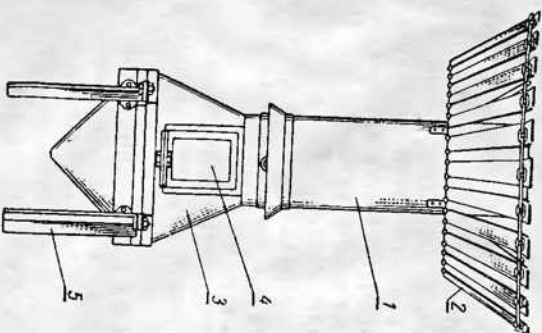


Рис. 51. Суммарный осадкомер.

Суммарный осадкомер состоит из приемного цилиндра 1, защитной защиты 2 и осадкосборника 3. Осадки, попавшие через приемный цилиндр, собираются в осадкосборник.

Приемный цилиндр представляет собой металлическое ведро с приемной поверхностью 500 см<sup>2</sup>. Внутри него есть диафрагма, как свободно подвешена планочная конусообразная защита. Верхний край защиты находится в одной горизонтальной плоскости с краем приемного цилиндра. Приемный цилиндр крепится в отверстие осадкосборника на фланце.

Осадкосборник представляет собой резервуар из двух конусов, лок 4. Для предохранения от испарения осадков, попавших в осадкосборник, на месте установки осадкомера через лок наливают минеральное масло и лок закрывают крышкой. Устанавливают суммарный осадкомер на специальной металлической подставке 5. На месте установки осадкомер укрепляется растяжками.

Установка. Суммарный осадкомер устанавливают на ровной площадке, вдали от деревьев и зданий, чтобы с них не могли падать осадки в осадкомер.

На выбранном месте несколько заглубляют в почву ножки подставки, потом подставку закрепляют растяжками и проверяют по отвесу вертикальность ее. После этого поднимают и закрепляют на подставке осадкосборник с приемным цилиндром и защитой.

Приемный цилиндр должен быть установлен строго вертикально, защитные пластины подвешены без перекосов. При правильной установке защитные пластины должны слегка покачиваться, а верхние концы их находиться в одной горизонтальной плоскости с верхним краем приемного цилиндра. После сборки осадкомера в осадкосборник через лок 4 заливают минеральное масло, лок закрывают крышкой и закрепляют болтом, а пазы лока замазывают. Измерение осадков. Лок осадкосборника вскрывают и из сборника выливают осадки в измерительный стакан. Если осадки были в виде снега или в осадкомере находились лед, то снег и лед предварительно растаивают и полученную воду переливают в измерительный стакан. При выливании осадков из осадкосборника нужно следить за тем, чтобы они не терялись и были учтены полностью. При подготовке суммарного осадкомера к дальнейшей работе необходимо очистить его от пыли и грязи и подкрасить те места, где образовалась ржавчина.

Плuviограф (рис. 52) служит для определения интенсивности осадков и распределения их во времени. Им можно измерить и общее количество осадков за какой-либо промежуток времени.

Плuviограф состоит из дождемерного сосуда 1 с приемной площадью 500 см<sup>2</sup> (как у почвенного дождемера). В нижней части

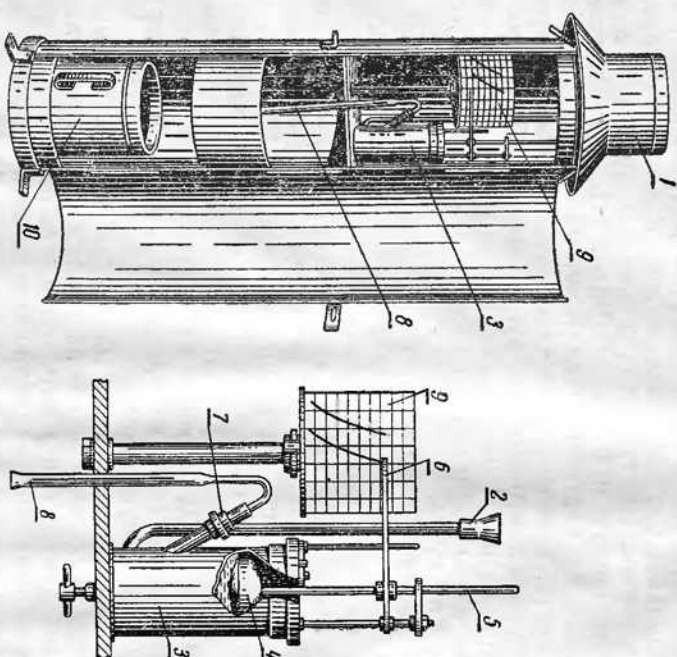


Рис. 52. Плuviограф.



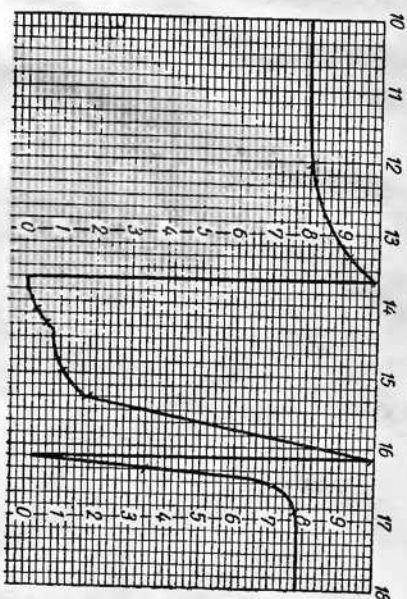


Рис. 53. Лента пловниографа.

сосуд переходит в кокус, наклонившийся сливной трубкой, которая устанавливается в воронку трубки 2, идущей от сосуда 3. Дождерный сосуд укреплен на железном цилиндрическом шкафу, а сосуд 3 на полке внутри шкафа. Осадки, попавшие в дождемерное ведро, поступают в сосуд 3, внутри которого имеется металлический поплавок 4 с выступившей осью 5 и стрелкой 6, заканчивающейся пером. Сбоку сосуда 3 имеется трубка 7, в которую устанавливается стеклянный сифон 8. Рядом с сосудом 3 укреплен на оси барабан 9 с часовым механизмом. На барабане крепится булавка осадков, а вертикальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные дуги — времени. Одно горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное — 10 минутам. С помощью рычагов перо может быть подвешено к барабану или отведено от него.

При выпадении дождя вода из дождемерного сосуда 1 переливается в сосуд 3. При этом поплавок, находящийся в сосуде, начнет подниматься, а перо, связанное с осью поплавка, будет писать на ленте, причем чем интенсивнее осадки, тем круче поднимется сифон 8. Вода из сифона выливается в ведро 10 на дне шкафа. В этот момент перо опускается вниз и чертит на ленте вертикальную линию от верхнего края до нулевого положения. Если дождь продолжается, сосуд 3 снова наполняется водой и перо поднимается вверх. Если дождь прекратится, перо будет чертить на ленте горизонтальную линию.

На рисунке 53 дана лента пловниографа с записанным на ней ходом выпадения дождя — пловниограмма. Пользуясь такой пловниограммой, можно определить количество осадков за сутки и интенсивность выпадения их за определенные промежутки времени. Как видно из пловниограммы, дождь начался в 12 часов 05 минут

и почти с одинаковой интенсивностью выпал до 15 часов 15 минут, после этого начался ливень, который несколько ослабев в 16 часов 28 минут и совсем прекратился в 16 часов 55 минут. По пловниограмме можно также определить количество осадков за каждый час. Например, с 15 до 16 часов интенсивность дождя была 7,5 мм, а с 16 до 17 часов — 9,3 мм.

Установка пловниографа. Прибор устанавливается на открытой площадке на специальном столбе с таким расчетом, чтобы приемная часть (дождемерное ведро) его была на высоте 2 м от поверхности почвы. Кроме того, пловниограф укрепляется проволочными оттяжками. При установке необходимо промерить по уровню горизонтальность верхнего края приемного сосуда (дождемерного ведра).

Ленту пловниографа меняют ежедневно в 19 часов по местному времени. При смене лент заводят часовой механизм. На обороте ленты отмечают время установки и снятия ленты, а также определенное по измерительному стакану количество осадков, слитых сифоном в ведро 10.

В зимнее время пловниограф не применяется, так как вода в сосуде может замерзнуть и повредить прибор. О баработка пловниограммы. По записи на ленте отмечают время начала и конца дождя, выписывают количество осадков, выпавших за каждый час, вычисляют сумму осадков за 24 часа и определяют интенсивность дождя в одну минуту. Для расчета интенсивности количества осадков они выпадали на число минут, в течение которых они выпали. Например, за один час — с 15 до 16 час. — выпало 7,5 мм осадков, а с 16 до 17 час. — 9,3 мм. Интенсивность дождя соответственно будет  $7,5 \text{ мм} : 60 = 0,125 \text{ мм}$  и  $9,3 : 60 = 0,155 \text{ мм}$ .

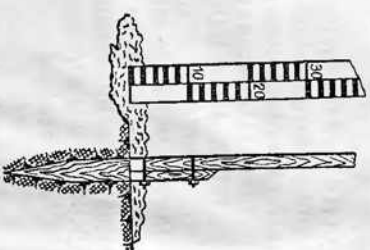


Рис. 54. Постоянная измерительная рейка.

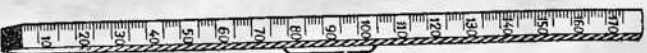


Рис. 55. Маршрутная измерительная рейка.

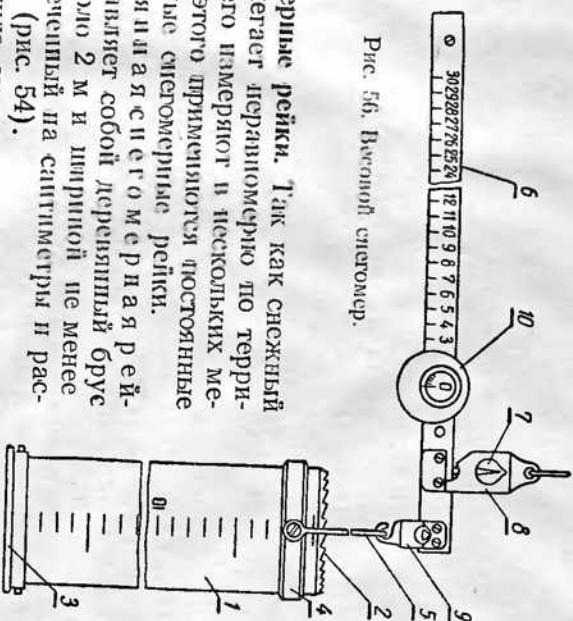


Рис. 56. Весовой снегомер.

**Снеговые рейки.** Так как снежный покров задевает снегомерную по территории, то его измеряют в нескольких местах. Для этого применяются постоянные и переносные снегомерные рейки.

Постоянная снегомерная рейка представляет собой деревянный брус длиной около 2 м и шириной не менее 5 см, размеченный на сантиметры и раскрашенный (рис. 54).

Постоянную снегомерную рейку устанавливают с осени до начала снегопадов. В выбранном месте забивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40—60 см с заглаженной ступенькой, к этому бруску и привинчивают снегомерную рейку. Обычно устанавливают две постоянные снегомерные рейки: одну на открытом, вторую на защищенном участках. На 6 лю дения за высотой снежного покрова по постоянным рейкам следует вести с одного и того же места на расстоянии 5—6 шагов от рейки, чтобы не нарушить состояния снежного покрова около нее. Так как непосредственно около рейки может образоваться воронка от ветра, то при отсчетах взгляд должен быть направлен в сторону, противоположную направлению ветра. Правлен возможно ближе к поверхности снежного покрова. Отсчет по рейке берут в целых сантиметрах.

**Переносная, или маршрутная, снегомерная рейка** применяется для измерения высоты снежного покрова на местности непосредственно на столах. Маршрутные снегомерные съемки производятся один раз в 5 дней. Переносная рейка представляет собой деревянный брусок длиной 130—180 см, шириной 4 см и толщиной 2 см (рис. 55), изготовленный из сухого, пропитанного маслом дерева. Нижний конец рейки заострен и оббит жестью. Начало деления совпадает с нижним обрезом наконечника. При измерении высоты снежного покрова переносную рейку заостренным концом вертикально опускают в снег до поверхности почвы. После этого снимают с рейки показания в целых сантиметрах.

**Весовой снегомер** (рис. 56) служит для измерения плотности снежного покрова в полевых условиях. Весовой снегомер состоит из металлического цилиндра 1 и весов. Высота цилиндра

60 см, площадь поперечного сечения 50 см<sup>2</sup>. На одном конце его находится толстое кольцо с заточенным краем в виде пилы 2, другой конец может закрываться крышкой 3. Для определения высоты снежного покрова на цилиндре нанесены деления в сантиметрах.

Нулевым делением шкалы является нижний обрез заточенного кольца. Вдоль цилиндра свободно перемещается кольцо 4, к которому прикреплен дужка 5 для подвешивания цилиндра к весам.

Весы снегомера состоят из латунной линейки 6, разделенной призмой на два неравных плеча. Призма обращена острием вниз и расположена под указателем-стрелкой 7. На эту призму надевается серья 8, за кольцо которой наблюдатель держит весы. На конце меньшего плеча с помощью второй призмы крепится крючок 9 для подвешивания цилиндра. На большем плече нанесены деления и находится передвижной груз 10 для уравнивания весов. Деления шкалы нанесены от 0 до 300, причем обозначены десятки делений от 1 до 30. Одно деление соответствует 5 г. Для отсчета делений в передвижном грузе сделан вырез, на скошенном крае которого есть риска. Положение равновесия определяется по совпадению указателя-стрелки 7 с риской на серье 8.

При взвешивании пустого цилиндра риска в окне груза должна стоять на нулевом делении.

На 6 лю дения. Снегомер выносят из помещения за 30 минут до наблюдений. Проверяют равновесие весов с подвешенным к ним пустым цилиндром. Если показания весов не совпадают с нулевым делением, то это новое показание записывают и принимают за нулевое. После проверки с цилиндра снимают крышку и погружают его в снег заостренным краем до тех пор, пока цилиндр не дойдет до почвы. Крышку закрывают и производят отсчет высоты снежного покрова  $h$  по шкале, нанесенной на цилиндре. По высоте снега вычисляют его объем, он равен  $50 h \text{ см}^3$ . Затем с одного бока снегомера лопаткой отгребают снег и лопатку подсовывают под цилиндр, чтобы закрыть нижнее отверстие. В таком положении цилиндр вынимают из снега, переворачивают крышкой вниз и подвешивают на крючок весов за ручку скользящего кольца. Перемещая груз по линейке весов, уравнивают их и отсчитывают положение груза на линейке ( $n$ ).

Для определения веса снега число делений на линейке ( $n$ ) умножают на 5, т. е. вес снега будет  $5 n \text{ г}$ . После записи результата взвешивания цилиндр освобождают от снега. При последующих измерениях необходимо каждый раз определять нулевое положение. Плотность снежного покрова  $d$  определяется как отношение веса снега к его объему:

$$d = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \quad (18)$$



Если высота снежного покрова больше 60 см, то пробу берут 2—3 раза, и тогда плотность рассчитывают по формуле:

$$d = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{10(h_1 + h_2 + h_3)}.$$

Весовым снегомером можно определить не только плотность снега, но и запасы воды в снегу. Эти запасы будут равны числу делений на весах ( $n$ ). Убедиться в этом нетрудно. Вес снега ( $5n$ ) одновременно будет и весом воды, полученной из взятой пробы ( $5n$  см<sup>3</sup>) и приемуной площади цилиндра (50 см<sup>2</sup>). Зная объем воды считать высоту слоя воды в миллиметрах. Для этого  $5n$  см<sup>3</sup> делим на 50 см<sup>2</sup> и для перевода в миллиметры умножаем на 10. Таким образом, высота слоя воды в миллиметрах будет  $\frac{5n \cdot 10}{50} = n$ , следовательно, число делений на весах, отчитанное при взвешивании пробы снега, одновременно соответствует высоте слоя воды в миллиметрах, который образовался бы при таянии снега.

Если известен запас воды в снегу в миллиметрах, можно рассчитать, сколько воды в тоннах или кубических метрах имеется на площади в 1 га. Для этого число делений на весах умножают на 10. Например, весы показывают 40 делений, значит запасы воды в снегу на гектар равны 400 м<sup>3</sup>, или 400 т.

### § 23. Измерение испарения

В результате испарения почва теряет большое количество воды. Поэтому определение величин испарения имеет очень большое практическое значение для сельского хозяйства. Данные по испарению необходимы для уточнения нормы и сроков полива, для разработки мероприятий по сохранению на полях почвенной влаги и для решения ряда других задач.

Величина испарения обычно выражается толщиной слоя (в мм) испарившейся воды.

Для измерения испарения почвы применяют почвенные испарители. В зависимости от назначения они бывают разных размеров.

**Почвенный испаритель ГТИ-500-50** (рис. 57) состоит из внутреннего цилиндра 1, внешнего цилиндра-гнезда 2, водосборного цилиндра 3 и двух ручек 4 для переноски испарителя. Во внутренний цилиндр 1, высота которого 500 мм и диаметр 252,3 мм (сечение 500 см<sup>2</sup>), помещают почвенный монолит. Дно 5 внутреннего цилиндра съемное и имеет отверстие диаметром 2 мм для стока просочившейся через почвенный монолит воды. С наружной стороны дно имеет три зубца для прикрепления его к цилиндру защелками 6. Защелки проволоочными захватами 7 целуются за зубья дна, а рычаги их помещаются на упоры 7, приваренные снизу цилиндра.

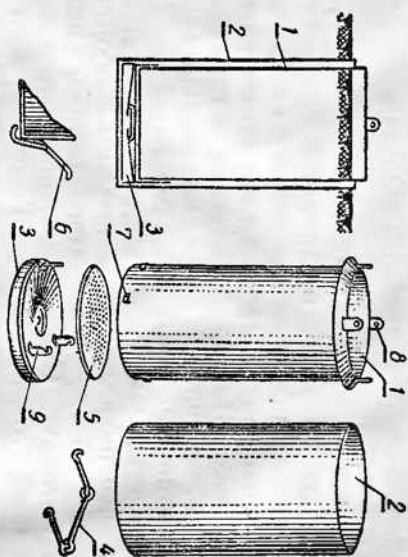


Рис. 57. Почвенный испаритель ГТИ 500-50.

У верхнего края цилиндра имеются козырек шириной 35 мм для прикрытия зазора между внутренним и внешним цилиндрами и ушки 8 с отверстиями для крепления ручек при подъеме и переносе испарителя. Вес внутреннего цилиндра с монолитом около 40 кг.

Внешний цилиндр 2 является гнездом для внутреннего цилиндра. Поэтому размеры его немного больше: высота 535 мм, диаметр 283 мм. Дно внешнего цилиндра водонепроницаемое.

Водосборный сосуд 3 служит для сбора воды, просачивающейся через монолит, и представляет собой цилиндрическую банку высотой 30 мм и внутренним диаметром 252 мм. Сверху водосборный сосуд закрыт воронкой с двумя отверстиями. Через центральное отверстие (диаметр 40 мм) стекает просочившаяся через монолит вода, а через боковое (диаметр 10 мм), расположенное у края верхней части воронки, вода из водосборного сосуда переливается в измерительный стакан. Водосборный сосуд присоединяется к внутреннему цилиндру планками 9, расположенными на верхнем крае сосуда.

В комплект испарителя входят весы, подвешенное устройство и почвенный дождемер. Весы помещаются в будку, которая предохраняет их от ветра при взвешивании.

**Установка.** Для повышения точности определения испарения на площадке устанавливают два почвенных испарителя. Вначале выкапывают круглые ямы глубиной 52 см и диаметром около 30 см. Почву и растительный покров вокруг ям не следует вытаскивать, поэтому ямы рыть лучше с досок или скамеек. Землю, вынутую из ям, выбрасывают на брезент или носилки. В подготовленные ямы устанавливают внешние цилиндры-гнезда так, чтобы верхний край их был на 1,5 см выше поверхности почвы. При закапывании щели между гнездом и краями ямы почву укладывают слой за слоем в порядке естественного за-

гания и утрамбовывают дощечкой. Оставшуюся почву выносят с испарительной площадки.

В цилиндры-гнезда устанавливают внутренние цилиндры с почвенными монолитами. Зарядку испарителей производят на площадке для взятия монолитов, расположенной на расстоянии 50 м от испарительной площадки. Место взятия монолита закапывают и отмечают колышком. Понтири монолиты в этих местах не берут. Для зарядки испарителей почвенным монолитом внутренний цилиндр без дна ставят на почву и вдавливают в нее. Затем почву вокруг цилиндра окантовывают, а цилиндр осаживают под давлением. Во избежание повреждения почвенного монолита окантование производят на 3—5 см. После этого цилиндр осаживают и опять окантовывают по кругу. Цилиндр должен быть погружен так, чтобы верхний край его оказался на 1—1,5 см выше монолита. После этого под испаритель подкладывают дно, которое прикрепляют к цилиндру с помощью зацепок. Если почва плотная, то монолит сначала подрезают и наклоняют набок, а потом присоединяют дно.

Заряженный испаритель переносят на испарительную площадку и взвешивают на весах. Затем к испарителю прикрепляют водосборный сосуд и опускают в гнездо. Заряжают испарители два или три раза в месяц: при двухразовой зарядке 6-го и 16-го, а при трехразовой 6-го, 16-го и 26-го числа каждого месяца. Зарядку испарителей производят на той же площадке, где и зарядку.

Наблюдения. На почвенных площадках ежедневно в 7—9 часов ведут наблюдение за осадками, а в день взвешивания монолитов — непосредственно перед их взвешиванием. Взвешивают испарители через 5 дней: 1, 6, 11, 16, 21 и 26-го числа каждого месяца утром до 9 часов. При наличии росы и осадков время взвешивания переносят на вторую половину дня.

Для взвешивания испаритель переносят к весам. Сначала с него снимают водосборный сосуд, а потом только взвешивают цилиндр с монолитом. Воду из водосборного сосуда выливают в измерительный стакан для определения количества просочившейся воды. После этого водосборный сосуд промывают, присоединяют к цилиндру с монолитом и испаритель вновь устанавливают в гнездо.

Обработка наблюдений по испарителю заключается в определении испарения воды монолитом. Испарение вычисляют по формуле:

$$W = \frac{10}{S} (P_1 - P_2) + x - y, \quad (19)$$

где  $W$  — испарение слоя воды за время между двумя взвешиваниями, в мм;

$S$  — площадь испарителя, в кв. см;

$P_1$  — вес монолита в предыдущий срок измерения, в г;

$P_2$  — вес монолита в текущий срок измерения, в г;

$x$  — осадки, в мм;

$y$  — вода, просочившаяся в водосборник между сроками наблюдений, в мм.

Для изучения суточного хода испарений могут быть использованы испарители, предложенные В. И. Виткевичем. Взвешивание таких испарителей производится через 2 часа, а смеси монолитов — через сутки.

## Глава VII. ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить устройство и установку приборов для измерения атмосферного давления: ртутный барометр, барометр-анероид, барограф.
2. Определить добавочную поправку к анероиду.
3. Определить превышение между двумя точками по давлению и температуре воздуха в этих точках.

## § 24. Единицы измерения атмосферного давления

*Атмосферное давление* определяется как сила, действующая на единицу поверхности ( $\text{см}^2$ ,  $\text{м}^2$ ).

Атмосферное давление является одним из важнейших метеорологических элементов в жизни человека и его хозяйственной деятельности. Изменения атмосферного давления во времени отражают особенности развития погоды (прохождение атмосферных фронтов, циклонов и т. д.), а уменьшение его с высотой отражает пребывание живых организмов в естественных условиях определенного уровня.

Атмосферное давление принято измерять высотой ртутного столба в миллиметрах, вес которого уравновешивает давление атмосферы. На высоту ртутного столба оказывают влияние, помимо изменения атмосферного давления, температура и сила тяжести. Поэтому для сравнимости показаний высота ртутного столба в различных условиях приводится к температуре  $0^\circ$ , широте  $45^\circ$  и уровню моря. На уровне моря и на широте  $45^\circ$  ускорение силы тяжести  $g = 980,6 \text{ см/сек}^2$ .

Давление воздуха, измеряемое высотой ртутного столба в 760 мм и основанное в  $1 \text{ см}^2$  при температуре  $0^\circ$ , на широте  $45^\circ$  и на уровне моря, называется *нормальным атмосферным давлением*. Так как  $1 \text{ см}^3$  ртути при  $0^\circ$  весит 13,6 г, то вес ртутного столба, соответствующего нормальному давлению, составит 1033 г, т. е. около 1 кг. В системе СМ-Г-сек. величина нормального давления будет равна 1013250 дин/см<sup>2</sup>.

Измерение атмосферного давления в миллиметрах ртутного столба не связано с абсолютной системой единиц. Поэтому с 1930 г.



Введена новая единица измерения — бар, равная 1 000 000 дин/см<sup>2</sup>. Так как бар — единица очень крупная, то в практике давление принято выражать в миллибарах (мб): 16 = 1000 мб. Зная, что 1000 мб = 1 000 000 дин/см<sup>2</sup>, а 760 мм = 1 013 250 дин/см<sup>2</sup>, не трудно определить соотношение между этими единицами измерения давления: 1000 мб = 750,08 мм, 1 мб =  $\frac{3}{4}$  мм. Переход от одних единиц к другим единицам измерения давления производится по специальным таблицам (см. приложение, табл. 4 и 5).

В международной системе единиц давление воздуха измеряется в ньютонках (н): 1 мм = 133 н/м<sup>2</sup>, а 1 мб = 100 н/м<sup>2</sup>.

## § 25. Изменение атмосферного давления с высотой

Атмосферное давление меняется с высотой, в связи с изменением высоты столба воздуха, оказывающего давление на единицу поверхности. Закономерность изменения давления воздуха с высотой выражается следующей барометрической формулой (формула Бабине):

$$h = \frac{16\,000 (P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} (1 + \alpha t), \quad (20)$$

где  $h$  — превышение между двумя точками;  
 $P_1$  и  $P_2$  — давления воздуха в миллиметрах ртутного столба соответственно на нижней и верхней точках;

$\alpha$  — коэффициент расширения воздуха, равный 0,00366;

$t$  — средняя температура воздуха между нижней и верхней точками ( $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ ).

При выводе формулы Бабине не учтены изменения силы тяжести с широтой и высотой места, содержание водяного пара в воздухе, а также сделано допущение, что давление и температура с высотой изменяются равномерно. Поэтому приведенная формула применима для небольших высот (около 1000 м). Для высоты 2000 м и давления 800 мб эта формула дает погрешность около 1%.

Пользуясь барометрической формулой, можно определить: 1) превышение между двумя точками, зная давление и температуру на верхней и нижней точках; 2) величину атмосферного давления на заданной высоте, зная давление и температуру на нижней точке, а также изменение температуры и давления с высотой; 3) привести атмосферное давление на любой высоте к уровню моря, зная давление и температуру на этой высоте и изменение температуры с высотой.

В практике сельского хозяйства формулой Бабине чаще всего пользуются для определения превышения между двумя точками. С этой целью в точках определяют атмосферное давление и температуру воздуха (наиболее удобными приборами являются анеморид для измерения давления воздуха и аспирационный психро-

метр для измерения температуры). Для большей точности берут 3—4 отсчета по анемориду и психрометру на каждой точке. В отсчеты вводят соответствующие поправки и исправленные средние значения подставляют в формулу Бабине.

Пример. Давление в первой точке  $P_1 = 753,5$  мм, температура  $t_1 = 10,5^\circ$ , во второй точке  $P_2 = 752,0$  мм, температура  $t_2 = 10^\circ$ . Определить превышение между двумя точками.

$$h = \frac{16\,000 (753,5 - 752,0)}{753,5 + 752,0} \cdot \left(1 + 0,00366 \frac{10,5 + 10}{2}\right) = 16,5 \text{ м.}$$

Если известна абсолютная высота одной из точек, то, определив превышение между ними, можно определить абсолютную высоту другой. Допустим, что абсолютная высота первой точки равна 37 м, тогда высота второй будет  $37 + 16,5 = 53,5$  м.

## § 26. Приборы для измерения атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления наибольшее распространение имеют барометры с жидкостями, действующие на основании законов гидростатики, и анероиды, или металлические барометры, основанные на упругих свойствах твердых тел.

**Станционный чашечный барометр** (рис. 58) состоит из двух основных частей: стеклянной трубки 1 и чашечной или пластмассовой чашки 2, заполненной ртутью. Стеклянная трубка длиной около 80 см и диаметром 7,2 мм опущена открытым концом в чашку. Верхний конец трубки запаян. Чтобы воздух не попал в трубку, ее перед опусканием в чашку доверху наполняют ртутью. Чашка состоит из трех свинчивающихся частей. В верхней части 3, помимо отверстия для стеклянной трубки, имеется еще маленькое отверстие для сообщения ртутью, находящейся в чашке, с атмосферным воздухом. Для предохранения ртуть от загрязнения это отверстие закрывается винтом 4 с кожаной шайбой. В средней части чашки помещена диафрагма с крупными отверстиями. Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора. При сборке прибора стеклянную трубку и чашку заполняют дистиллированной ртутью.

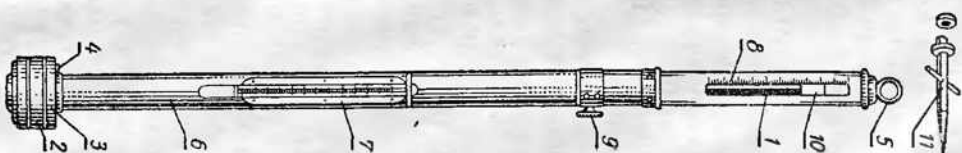


Рис. 58. Ртутный чашечный барометр.

Стеклопая трубка окружена латунной защитной оправой 6, на которой имеются приспособления для производства отсчетов. В нижней части оправы помещается термометр 7 для отсчета температуры прибора. В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая выдвинуть менник ртутного столба в стеклянной трубке. С левой стороны прорези нанесена шкала 8 с делениями измерений от 680 или 810 до 1110 мм. В старых барометрах шкала дана в миллиметрах. Нуль шкалы совпадает с уровнем ртути в чашке. Вдоль стеклянной трубки с помощью кремальеры 9 перемещается кольцо с укрепленным на нем нониусом 10, который служит индиксом для наводки на менник ртутного столба и для отсчета десятых долей. Нониус стационарного чашечного барометра устроен так, что 10 делений его равны 9 делениям основной шкалы, т. е. каждое деление нониуса на 0,1 меньше деления основной шкалы. В верхней части оправы имеется кольцо 5 для подвешивания барометра. Общий вес прибора 2,55 кг.

**Установка.** При переносе чашечного барометра в трубку может попасть воздух, поэтому перед установкой прибор следует плавно попернуть чашкой вверх и прислушаться к звуку от удара ртути о верхний запаянный конец трубки. Если звук будет резкий, металлический, то воздуха в трубке нет и барометр можно устанавливать. При наличии же в трубке воздуха звук будет приглушенный.

Точность определения давления по барометру зависит от соблюдения правил установки. Барометр следует оберегать от резких колебаний температуры и сотрясений.

В связи с этим барометр необходимо устанавливать на прочной стене вдали от отопительных приборов и окон. Рекомендуется устанавливать его в отдельном шкафу, который открывался бы только на время наблюдений. Наиболее удобен шкаф в виде трехгранной призмы, высота которого 135 см, ширина задней стенки 41 см, ширина боковой стенки 27 см. Боковые стенки шкафа могут быть стеклянными, а в задней стенке должно быть отверстие — окно из матового стекла, за которое помещается источник света. В таком шкафу барометр подвешивают за кольцо на крюке-винте 11. Для удобства наводки и отсчетов расстояние от пола до чашки барометра должно быть 70—80 см.

Наблюдения по барометру проводят в следующем порядке.

1. Отсчитывают температуру по термометру при барометре с точностью до 0,1°.

2. Поступивают слетка по защитной оправе барометра, чтобы менник ртути в стеклянной трубке принял нормальное положение. Менник ртути вытуживают.

3. Устанавливают нониус с помощью кремальеры на верхнюю часть менника (при правильной установке нониуса слева и справа должны быть видны небольшие уголки просвета) и отсчитывают

показания барометра с точностью до 0,1 мм. Целые миллиметры отсчитывают по нижнему обрезу нониуса, а десятые — по нониусу. Номер деления нониуса, совпадающего с делением основной шкалы, показывает число десятых долей шкалы.

Допустим, что нижний обреш нониуса, который соответствует нулю на нониусе, находится между 1000 и 1001 мм и четвертое деление нониуса совпадает с делением основной шкалы. В этом случае показания барометра будут равно 1000,4 мм.

**Поправки к показаниям стационарного барометра.** В показаниях стационарного чашечного барометра вводят три поправки: инструментальную, на температуру и на силу тяжести.

Инструментальная поправка указывается в поверочном свидетельстве барометра. Она учитывает все неточности, допущенные при изготовлении прибора.

Для сравнимости данных измерений показаний барометров принято приводить к температуре 0° и к нормальной силе тяжести (к широте 45° и к уровню моря). Осуществляется это введением поправки на температуру и на ускорение силы тяжести.

Поправка на температуру определяется по температуре при барометре и показаниям барометра по таблице, в которой даны величины поправок, рассчитанные для различных значений температуры и атмосферного давления (приложение, табл. 6). При температуре выше 0° поправки имеют знак минус, а при температуре ниже 0° — знак плюс.

Поправка на ускорение силы тяжести. Влияние ускорения силы тяжести на показания барометра учитывается введением двух поправок: поправкой на широту места и поправкой на высоту места наблюдений.

Поправки на широту места даны в приложении (табл. 7). Рассчитаны они для различных значений давления воздуха и для широт от 0 до 90°. Для широт от 0 до 45° поправки имеют знак минус, а для широт от 45 до 90° — знак плюс.

Для введения поправок на высоту места также составлены таблицы, в которых величины поправок представлены для различных значений атмосферного давления и высоты места над уровнем моря (табл. 8).

Влияние высоты места на показания барометра незначительно. Поправка на высоту места достигает 0,1 мм только на высоте 400 м.

Для барометра, установленного в данной местности, поправки инструментальная и на силу тяжести всегда будут одни и те же. Поэтому для удобства их объединяют в одну и называют постоянной. Постоянная поправка пригодна только для данного барометра и данного места. При переносе барометра на другое место ее нужно пересчитать.

Пример. Барометр установлен на широте 60° и на высоте 500 м. Отсчет по термометру 20°, по барометру — 950 мм. Определить исправленное значение давления.



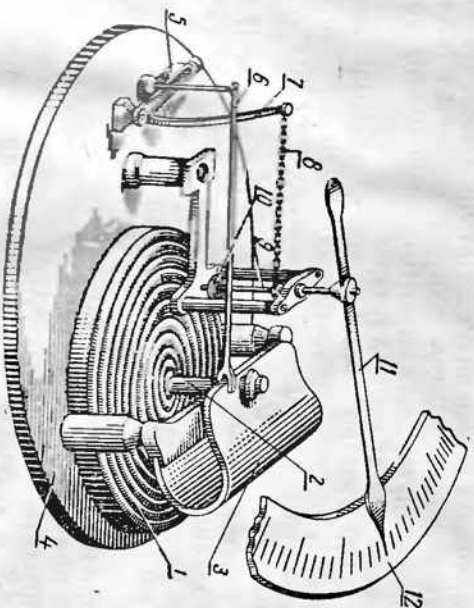


Рис. 59. Механизм барометра-анероида.

1. Инструментальная поправка ртутя 0,2 мм.
2. Поправка на температуру ртутя — 3,1 мм (табл. 6 приложения).
3. Поправка на высоту места наблюдения ртутя + 1,2 мм (табл. 7 приложения).
4. Поправка на высоту места ртутя — 0,09 мм (табл. 8 приложения).  
Постоянная поправка в данном случае составляет  $-0,2 + 1,2 - 0,09 = 0,9$  мм.  
Величина же атмосферного давления с учетом всех поправок будет  $950 - 3,1 + 0,9 = 947,8$  мм.

**Барометр-анероид.** Приемной частью барометра-анероида является мембранная коробка 1 (рис. 59), состоящая из двух спаянных между собой гофрированных круглых мембран с жесткими центрами и ножками 2, которые служат для крепления мембранной коробки на металлическом плато 4.

Мембранная коробка герметична, воздух из нее выкачан. Внутреннее давление коробки доведено до 0,01 мм ртутного столба. От жинной 3, соединенной одним концом с ножкой верхней мембраны, а другим — с металлическим плато. При увеличении давления воздуха верхняя мембрана несколько выдвигается внутрь коробки, при уменьшении давления она приподнимается вверх под действием пружины. Колебания верхней мембраны передаются коленчатому валу 5. Пружина перемещает укрепленный на ней стержень 6. Перемещение стержня передается рычагу 7, который при вращении 8 вращает ось 9. Для создания постоянного натяжения цепочки на оси 9 имеется спиральная пружина 10. Изменение атмосферного давления определяется по положению стрелки 11 относительно круговой шкалы 12. Деления шкалы даны в миллиметрах ртутного столба от 600 до 800 мм с ценой деления 0,5 мм. К шкале анероида прикреплен термометр (рис. 60) для



Рис. 60. Барометр-анероид (общий вид).

отсчета температуры прибора. Механизм анероида помещается в пластмассовый кожух, в дне или сбоку которого есть отверстие для доступа к винту, регулирующему положение стрелки. Изменение положения стрелки с помощью винта влечет за собой изменение поправок анероида. Поэтому после проверки анероида винт трогать нельзя.

В настоящее время выпускают беспружинные анероиды. Роль пружины в них выполняют мембраны-коробки. Приемная часть таких анероидов состоит из нескольких (от 3 до 6) мембранных коробок.

**Установка.** Барометр-анероид устанавливают горизонтально на специальной подставке или на столе. Футляр, в который помещается анероид, открывают только на время наблюдений. Между сроками наблюдений крышка футляра должна быть закрытой, чтобы прибор не подвергался резким колебаниям температуры.

В экспедициях, во время маршрутной съемки и барометрического нивелирования отсчеты по анероиду производятся при горизонтальном положении его на уровне груди.

**Отсчеты.** При отсчетах по анероиду вначале открывают крышку футляра и отсчитывают температуру по термометру при анероиде. Отсчет берут с точностью до 0,1°.

После этого, слегка постукав по стеклу анероида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до 0,1 мм на глаз, так как цена деления анероида 0,5 мм.

**Поправки к барометру-анероиду.** В показания анероида вводятся три поправки: 1) на шкалу, 2) на температуру, 3) добавочная. Все поправки указываются в поверочном свидетельстве, которое прилагается к каждому прибору (табл. 4).

Поправка на шкалу. Во всех анероидах используются стандартные шкалы. Однако в каждом анероиде могут быть свои инструментальные погрешности и особенности в передаточном механизме. В результате этого показания анероида не совпадают с истинным давлением. Поэтому для определения величины несовпадения или поправки на шкалу анероида сравнивают неискривленным давлением с точным ртутным барометром.

В поверочном свидетельстве к анероиду (табл. 4) поправки на шкалу приводятся для всей шкалы через каждые 10 мм ртутного столба. Поправку для промежуточных значений давления определяют интерполяцией двух величин поправок, между которыми находится произвольный отсчет. Поправка на шкалу к анероиду аналогична инструментальной поправке к ртутному барометру.

**Поправка на температуру.** При одном и том же атмосферном давлении, но разной температуре, показания анероида могут быть различными, так как с изменением температуры упругость пружины и мембранной коробки не остается постоянной. Поэтому показания анероидов приводятся к температуре 0°. Для этого к каждому анероиду вычисляется температурный коэффициент — величина изменения показаний анероида при изменении температуры прибора на 1°. Если показание анероида с повышением температуры увеличивается, температурный коэффициент считается положительным. Поправка же на температуру в этом случае будет отрицательной. Обычно в поверочном свидетельстве дается величина температурной поправки к анероиду для изменения температуры на 1°. Для приведения показаний анероида к температуре 0° необходимо указанную поправку умножить на температуру прибора.

**Добавочная поправка.** В результате остаточной деформации коробки и пружины показания анероида меняются во времени.

Влияние остаточной деформации устраняется введением добавочной поправки.

Для введения добавочной поправки необходимо произвести серийно (5—6) одновременных отсчетов по ртутному чашечному барометру и анероиду. Средняя разница между показаниями барометра с учетом всех поправок и анероида с двумя поправками (на температуру и шкалу) представляет собой добавочную поправку. Например, отсчет по барометру со всеми поправками равен 761,5 мм, а отсчет по анероиду с учетом двух поправок — 761,9 мм. Добавочная поправка в этом случае будет —0,4 мм.

Для добавочной поправки в поверочном свидетельстве указывается дата определения ее. Вторично определить добавочную по-

правку рекомендуется ежемесячно, а при барометрическом индексировании — до начала и после работы.

Пример. Отсчет по анероиду равен 755,0 мм, температура 19°. Поправки определены из поверочного свидетельства (табл. 4):

- 1) поправка на шкалу равна —0,2 мм;
- 2) поправка на температуру равна —0,2 мм ( $-0,01 \times 19$ );
- 3) добавочная поправка равна —0,4 мм.

Таким образом, исправленное давление по анероиду будет  $755 - 0,2 - 0,2 - 0,4 = 754,2$  мм.

Таблица 4

Образец поверочного свидетельства для анероида № 300924/7977

1. Поправка шкалы

| При | Поправка в мм | При | Поправка в мм |
|-----|---------------|-----|---------------|
| 780 | +0,6          | 750 | -0,3          |
| 770 | +0,2          | 740 | -0,6          |
| 760 | 0,0           | 730 | -0,7          |

2. Поправка на температуру равна —0,01 t, где t — температура анероида.
3. Добавочная поправка для апреля 1967 г. равна —0,4 мм.

**Барограф** применяется для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления. Наибольшее распространение имеют анероидные барографы, отличающиеся простотой устройства, портативностью и удобством обращения с ними.

**Анероидный барограф** состоит из трех основных частей: приемной, передающей и регистрирующей. Схема механизма барографа дана на рисунке 61.

Примемной частью барографа являются анероидные коробки 1, число их может достигать 10, которые соединяются между собой ножками, укрепленными в центре каждой коробки. Величина деформации всех коробок складывается и возрастает по мере увеличения числа коробок. От сжатия внешним атмосферным давлением коробки предохраняются пружинкой, помещенной внутри каждой коробки. В последнее время выпускаются беспружинные барографы. Функции пружины в них выполняют стенки коробки. Столбик коробок нижним концом, пропущенным через плато 2, укреплен на биметаллической пластинке, расположенной под плато. С повышением атмосферного давления вследствие сжатия коробок упругий столбик коробок укорачивается, с понижением давления — удлиняется. Верхний конец столбика коробок соединен тягой 3 с передающей частью.

Передающая часть барографа представляет собой два коленчатых вала. Колебания приемной части воспринимает рычаг 4 первого коленчатого вала и передает их через рычаг 5 на второй коленчатый вал. Рычаг 5 соединен тягой 6 с первым рычагом 7 второго коленчатого вала. Вторым рычагом второго коленчатого



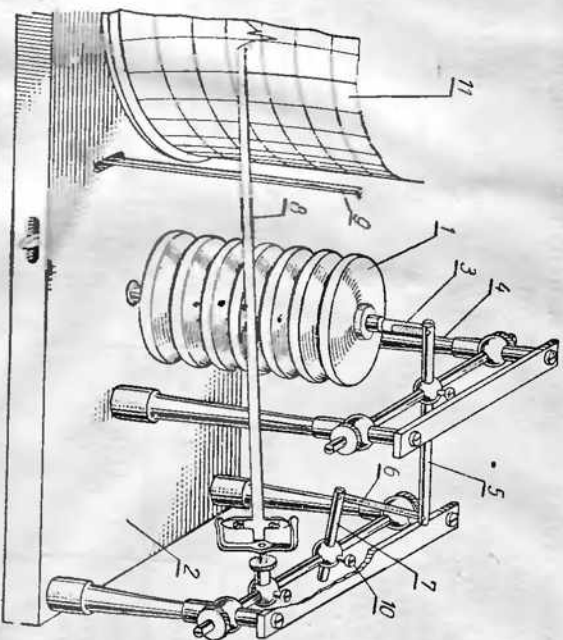


Рис. 61. Анероидный барограф.

вала является алюминиевая пластинка 8, заканчивающаяся пером в виде трехгранной пирамидки. Благодаря большей длине передающих рычагов 5 и 8 величина смещения пера примерно в 80—100 раз больше смещения столбика анероидных коробок. Величину смещения пера можно менять, изменением длины рычага 7. Для этого на втором коленчатом валу имеется приспособление 10, позволяющее подбирать нужную длину рычага 7. Для увеличения чувствительности прибора рычаг 7 укорачивают, а для уменьшения — удлиняют. Чувствительность барографа должна быть такой, чтобы смещение пера по ленте на одно деление соответствовало изменению давления на один миллибар. Регулировку чувствительности барографа не рекомендуется проводить после проверки прибора, так как для этого необходимо иметь камеру, в которой можно менять давление в некоторых пределах и определять его по абсолютному прибору.

Регистрирующей частью барографа является цилиндрический барабан 11 с часовым механизмом внутри. На барабан накладывают бумажную ленту. Барабан надевается на стержень с неподвижной шестерней, с зубцами которой соединены зубцы трибков. Трибка расположена внизу барабана и приводится в движение часовым механизмом. Благодаря часовому механизму барабан вращается, и перо, наполненное медленно сохнувшими глицериновыми чернилами, оставляет запись колебаний давления во времени. В зависимости от скорости оборота барабана барографы могут быть суточные и недельные.

Лента барографа отличается от ленты термографа тем, что горизонтальные параллельные линии на ней соответствуют изменению давления в миллибарах. Деления даны с точностью до 1 мб, цифры нанесены через 10 мб. Пределы всей шкалы барографа — от 960 до 1050 мб. Вертикальные дуги соответствуют изменению времени. Для суточного барографа каждое деление равно 15 минутам, а для недельного — 2 часам.

Все части барографа помещены в деревянном или пластмассовом футляре, имеющем откидную крышку с застегивающимися степенями.

В дне футляра имеется отверстие, против которого находится винт, служащий для регулировки положения всего столбика коробок. В барографах новых конструкций регулировочный винт расположен над столбиком коробок. Винт дает возможность изменить положение биметаллической пластинки, на которой крепится весь приемник, и тем самым установить перо на нужном делении ленты.

Установка. Барограф устанавливают горизонтально на специальной полке-кронштейне или на столе недалеко от рутного барометра. Во избежание резких колебаний температуры прибор должен быть удален от отопительных приборов и защищен от воздействия солнечных лучей. Перед установкой барографа заводят часовой механизм и на барабан надевают бумажную ленту. На обратной стороне ленты записывают дату и время установки ее. После этого барабан надевают на неподвижный стержень, укрепленный на подставке, и перо подводит к барабану так, чтобы положение его соответствовало времени и величине атмосферного давления (по барометру) в данный момент. Во время работы прибора в прочные часы на ленте легким подъемом пера следует делать засечки для сравнения его показаний с показаниями барометра.

## Глава VIII. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ВЕТРА

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить устройство, правила установки и наблюдений по приборам: флюгер Вильда, анемометрометр, ветромер Третьякова и ручной анемометр.
2. Определить направление и скорость ветра по флюгеру Вильда и определить скорость ветра ручным анемометром.
3. Построить розы ветров по данным ближайшей метеорологической станции для основных месяцев сезонов (январь, апрель, июль, октябрь) и дать анализ их.

### § 27. Элементы ветра и значение его для сельского хозяйства

Ветром называется движение воздуха в горизонтальном направлении. Характеризуется он двумя элементами: направлением и скоростью.

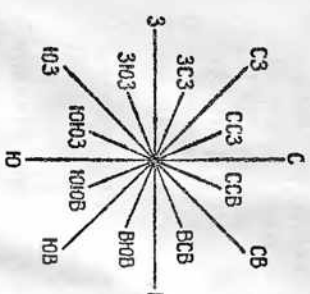


Рис. 62. Расположение румбов.

Направление ветра определяется той частью горизонта, откуда дует ветер и измеряется в румбах или градусах. В метеорологии для обозначения направления ветра пользуются румбами (рис. 62). Обозначаются румбы начальными буквами названия стран света: север (С), юг (Ю), восток (В) и запад (З). При обозначении промежуточных румбов называют оба румба, между которыми находится данное направление ветра, причем первым называется всегда основной румб: С, Ю, З, В. Например, если надо назвать направление ветра между севером и западом, то обозначается оно СЗ, а если — между северо-западом и западом, то ЗСЗ и т. д. Ниже приводятся обозначения и названия румбов.

| Румбы и их названия             |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| С — северный                    | ЮЮЗ — юго-юго-западный        |
| ССВ — северо-северо-восточный   | ЮЗ — юго-западный             |
| ВСВ — восточно-северо-восточный | ЗЮЗ — западно-юго-западный    |
| В — восточный                   | З — западный                  |
| ЮЮВ — юго-юго-восточный         | ЗСЗ — западно-северо-западный |
| ЮВ — юго-восточный              | СЗ — северо-западный          |
| Ю — южный                       | ССЗ — северо-северо-западный  |

Скорость ветра определяется количеством метров, которое воздушный поток проходит в одну секунду (м/сек). Иногда скорость ветра выражают в км/час.

Ветер является важным фактором среды. С ним связан перенос водяного пара и тепла по земной поверхности. От скорости ветра зависят испарение и транспирация. Даже небольшое усиление ветра значительно увеличивает интенсивность испарения и транспирацию. При сильных ветрах и высоких температурах воздуха может наблюдаться увядание растений. Значительное увеличение ветра ранней весной сопровождается развитием пыльных бурь. Ветер помогает опылению растений и является дешевым источником энергии. Одновременно с этим он может наносить большой вред деревьям и посевам, обламывая сучья и вызывая полегание хлебов.

## § 28. Приборы для измерения направления и скорости ветра

Основные приборы для измерения направления и скорости ветра — флюгер Вильда, ручные анемометры и ветромер Третьякова.

Флюгер Вильда (рис. 63) является наиболее распространенным прибором для измерения направления и скорости ветра.

Направление ветра измеряется с помощью двухлопастной флюгарки 1 клиновидной формы. Под влиянием ветра флюгарка устанавливается по направлению ветра, причем уравновешивающий груз 2 будет направлен в ту сторону, откуда дует ветер. у флюгера Вильда флюгарка 1 надевается на металлический стержень 3, на котором под флюгаркой расположена муфта 4 с восемью гаркой расположена муфта 4 с восемью штифтами: четыре штифта длинных (С, Ю, З, В) и четыре коротких (СЗ, СВ, ЮЗ и ЮВ). Один штифт с буквой С должен быть направлен строго на север. Направление ветра определяется по положению противовеса 2 относительно штифтов.

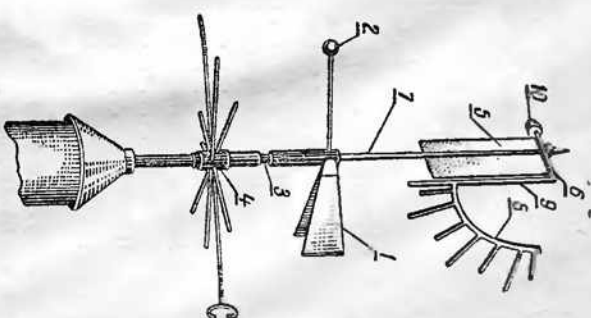


Рис. 63. Флюгер Вильда.

Скорость ветра определяется флюгером Вильда по углу отклонения доски 5 размером 15×30 см, которая свободно вращается около горизонтальной оси 6, закрепленной на металлическом стержне 7. Вес доски может быть 200 и 800 г. Соответственно различают флюгеры с легкой и тяжелой доской. Первый служит для измерения скорости ветра до 20 м/сек, второй — до 40 м/сек.

При сборке флюгера плоскость доски поворачивается перпендикулярно противовесу флюгарки. При такой установке ось вращения доски будет всегда установлена перпендикулярно к направлению ветра. Под действием ветра доска будет отклоняться на тот или иной угол в зависимости от скорости ветра. Положение доски отсчитывается по дуге 8, закрепленной с помощью металлического стержня 9 на одном конце горизонтальной оси 6. Для уравновешивания дуги 8 на другом конце оси 6 имеется груз 10.

Дуга 8 имеет восемь штифтов от 0 до 7, причем для удобства отсчета нечетные штифты короче четных. Нулем обозначен штифт, соответствующий отвесному положению доски. При наблюдении за скоростью ветра отсчитывают положение доски на дуге, т. е. записывают штифт, около которого находится доска. Для выражения скорости ветра в м/сек пользуются таблицей (табл. 5), которая составлена на основании зависимости между скоростью ветра и углами отклонения доски.

В районах, где наблюдается скорость ветра более 20 м/сек, необходимо иметь еще флюгер с тяжелой доской. Он отличается только весом доски и, следовательно, значением штифтов дуги. Для перевода скорости ветра в м/сек следует удваивать скорость ветра, соответствующую тем же штифтам в таблице 5 или приложить другую таблицу.



Таблица 5  
Определение скорости ветра при положении доски флюгера  
(с легкой доской)

| Положение доски                | Скорость ветра в м/сек | Положение доски                | Скорость ветра в м/сек |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Штифт 0 . . . . .              | 0                      | Между штифтами 3 и 4 . . . . . | 7                      |
| Между штифтами 0 и 1 . . . . . | 1                      | Штифт 4 . . . . .              | 8                      |
| Штифт 1 . . . . .              | 2                      | Между штифтами 4 и 5 . . . . . | 9                      |
| Между штифтами 1 и 2 . . . . . | 3                      | Штифт 5 . . . . .              | 10                     |
| Штифт 2 . . . . .              | 4                      | Между штифтами 5 и 6 . . . . . | 12                     |
| Между штифтами 2 и 3 . . . . . | 5                      | Штифт 6 . . . . .              | 14                     |
| Штифт 3 . . . . .              | 6                      | Между штифтами 6 и 7 . . . . . | 17                     |
|                                |                        | Штифт 7 . . . . .              | 20                     |

Установка. Флюгер устанавливается на открытой площадке на сухом дубовом или сосновом столбе на высоте 8—12 м. Если место очень защищенное, то флюгер можно установить на крыше здания, при этом над крышей он должен возвышаться не менее чем на 4 м.

Штифт с буквой С должен быть направлен точно на астрономический север. Ориентируют флюгер по компасу или по полуденной линии. Так как магнитное склонение данного места не всегда точно известно, то надежнее ориентировать флюгер по полуденной линии.

Для ориентировки флюгера по полуденной линии необходимы хорошо проверенные часы. Они должны идти точно по местному среднему солнечному времени. Из таблицы «Среднее солнечное время в истинный полдень» (приложение, табл. 1) находят время наступления истинного полдня для той даты, когда производят ориентировку флюгера. Перед наступлением истинного полдня встают с северной стороны от столба и в момент, когда часы покажут истинный полдень, вбивают заранее приготовленный колышек посреди полосы тени, отбрасываемой столбом флюгера. Направление колышек — столб является направлением полуденной линии, или меридианом данного места. С направлением полуденной линии должно совпадать направление штифта с буквой С. Если оно не совпадает, необходимо штифт с буквой С слегка вывернуть и повернуть муфту так, чтобы он имел направление точно по полуденной линии. После этого штифт опять заворачивают и тем самым неподвижно закрепляют муфту.

В дальнейшем для проверки правильности ориентировки флюгера полуденную линию на площадке закрепляют прочно вкопанными в землю столбиками.

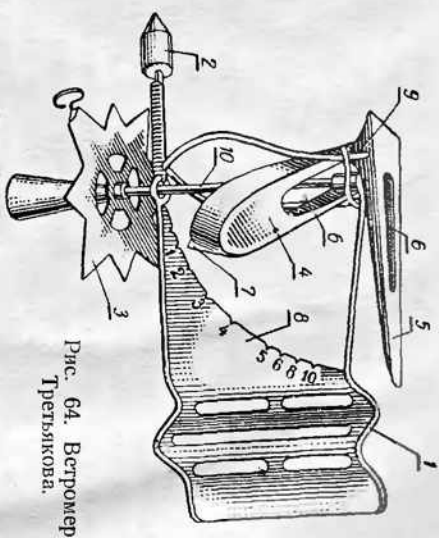


Рис. 64. Ветромер Третьякова.

Наблюдения. При определении направления ветра наблюдатель стоит около столба, на котором установлен флюгер, и следит в течение 1—2 минут за положением шара флюгарки относительно штифтов, направленных по странам света. За время наблюдений отмечается среднее положение шара.

Для определения скорости ветра необходимо несколько отойти от столба флюгера и стать так, чтобы доска и дуга со штифтами были хорошо видны. Скорость ветра непрерывно изменяется. Поэтому отмечают среднее положение доски, которое она занимала в течение 2 минут.

После этого скорость ветра переводится по таблице (см. табл. 5) в м/сек. Например, доска во время наблюдений находилась около третьего штифта. Как видно из таблицы, скорость ветра будет равна 6 м/сек.

При сильном ветре отмечается не только среднее, но и крайнее положение доски, куда она доходит в течение 2 минут.

Ветромер Третьякова (рис. 64) служит для измерения направления и скорости ветра в полевых условиях. Необходимость таких измерений вызвана тем, что направление и особенно скорость ветра на полях могут значительно отличаться от данных метеоплощадки. Ветромер Третьякова по своему действию напоминает флюгер.

Направление ветра измеряется по флюгарке 1, надетой на вертикальный стержень 10. Флюгарка имеет вид волнообразно изогнутой пластинки с противовесом 2. Для определения положения противовеса под флюгаркой расположена восьмиконечная звезда 3 с нанесенными на ней названиями румбов. Для удобства наблюдений надписи румбов сделаны на нижней поверхности звезды.

Скорость ветра измеряется по углу отклонения ложкообразной металлической пластинки 4 с противовесом 5. Пластинка и противовес жестко скреплены между собой под углом 76° и могут свободно вращаться на горизонтальной оси 9. Обе пластинки в средней

части имеют вырез 6. Пластика повернута выпуклой стороной в сторону ветра и имеет внизу указатель 7 в виде острив. Под действием ветра пластина отклоняется на определенный угол. Положение ее определяется по шкале 8 на плоскости флюгарки. Деления на шкале нанесены в м/сек и обозначены цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10. Шкала скорости ветра получена экспериментально в аэродинамической трубе.

Установка. Ветроммер устанавливают вертикально на деревянном шесте необходимой высоты. На деревянный шест вначале надевают металлический стержень 10 с закрепленным на нем указателем направления ветра (осьмиконечная звезда). Затем на стержень надевают флюгарку с противовесом и двумя пластинами. Положение звезды во время наблюдений проверяют по компасу.

Наблюдения. Для определения направления и скорости ветра следят в течение 1—2 минут сначала за положением противовеса, а потом за указателем пластины. Направление ветра отмечают по среднему положению противовеса относительно звезды, а скорость ветра — по среднему положению указателя на шкале. Точность показаний скорости ветра ветроммером Третьякова 0,5 м/сек в интервале от 1 до 6 м/сек и 1 м/сек — при скорости ветра больше 6 м/сек.

В настоящее время для измерения направления и скорости ветра применяют дистанционные приборы — анеморумбометры, основанные на преобразовании величин элементов ветра в электрические величины.

**Анеморумбометр М-63** (рис. 65) служит для измерения направления ветра, мгновенной скорости, средней скорости за десятиминутный интервал и максимальной скорости ветра между измерениями. Прибор состоит из датчика 1, указателя направления и скорости ветра 2 и блока питания 3. Датчик состоит из ветроприемника 4, регистрирующего скорость ветра, и флюгарки 5.

Мгновенная и максимальная скорость ветра измеряется по шкале 6, средняя за 10 минут — по шкале 7 и направление ветра — по шкале 8 указателя. Блок питания состоит из двух батарей аккумуляторов, вольтметра и тумблера для включения. Блок питания подключается к сети переменного тока. С датчиком и указателем он соединен многожильным кабелем.

Датчик анеморумбометра устанавливают на высоком столбе или крыше здания, а указатель и блок питания — в служебном помещении.

Направление и скорость ветра измеряют в срочные часы.

Для отсчета направления ветра нажимают на 4—5 секунд кнопку 9. Записывают среднее показание из 3—4 отсчетов.

Для отсчета мгновенной скорости ветра нажимают кнопку 10 и со шкалы 6 снимают показания, соответствующие скорости ветра в момент отсчета.

Величину средней скорости ветра за десятиминутный интервал снимают со шкалы 7, а максимальной скорости ветра — со

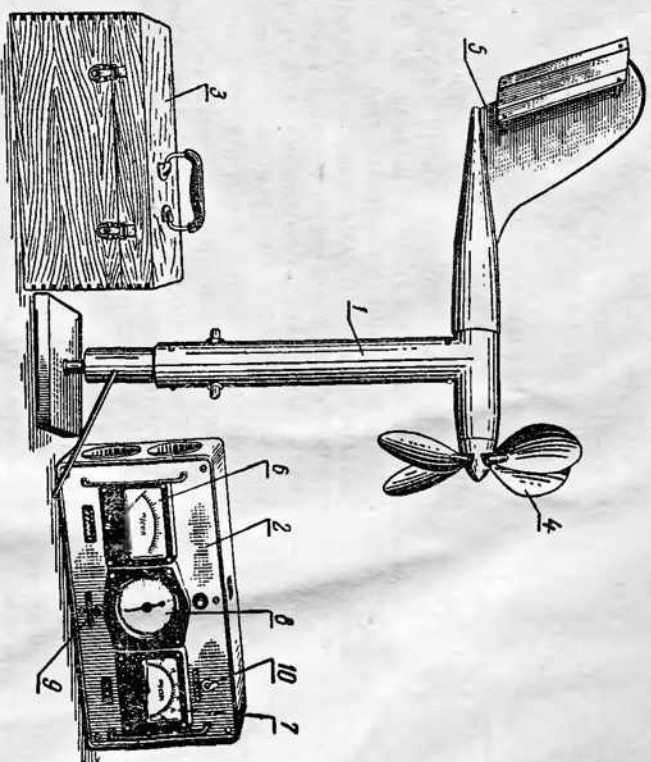


Рис. 65. Анеморумбометр.

шкалы 6. Среднее значение скорости ветра и показание максимальных значений выполняются автоматически.

**Ручные анемометры со счетным механизмом** применяются для измерения скорости ветра. ими можно измерять среднюю скорость ветра за какой-либо промежуток времени. Чашечные анемометры служат для измерения средней скорости от 1 до 20 м/сек, а крыльчатые — от 0,3 до 5 м/сек. Анемометры очень удобны для измерения ветра среди сельскохозяйственных культур.

**Ручной анемометр чашечный** (рис. 66). Приемник его — крестовина с четырьмя полушариями, обращенными выпуклостью в одну сторону, или вертушка 1. Вертушка крепится на металлической оси 2, нижний конец которой заканчивается бесконечным винтом, или червяком. Полушария защищены от механических повреждений проводочными дужками 3. Бесконечный винт при своем вращении приводит в движение систему зубчатых колес, передающих движение трем стрелкам счетного механизма. Счетный механизм прибора помещен в корпус 4. Циферблат 5 счетного механизма имеет соответственно три шкалы, по которым отсчитываются тысячи, сотни и единицы оборотов. По большой стрелке отсчитываются десятки и единицы оборотов. Циферблат имеет 100 делений (от 0 до 100). По двум маленьким стрелкам отсчитываются сотни и тысячи оборотов, соответствующие им циферблаты имеют



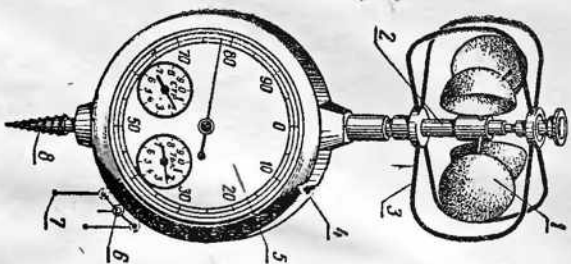


Рис. 66. Ручной анемометр чашечный.

по 10 делений. На циферблате одной из них написано «сто», а другой — «тысяча». При полном обороте большой стрелки «маленькая стрелка на циферблате с надписью «сто» повернется на одно деление.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца 6. Вторым концом арретира находится под изогнутой пластинчатой пружинкой, являющейся подпятником червячного колеса. При повороте кольца вверх (против часовой стрелки) червячное колесо сцепляется с червяком и червяшка анемометра соединяется со счетным механизмом. Поворот кольца по часовой стрелке (вниз) выводит червячное колесо из сцепления с червяком, и счетный механизм отключается от приемника.

В корпусе прибора по обе стороны выступающего конца арретира винчены два ушка 7 для того, чтобы включать и выключать прибор, когда он установлен выше уровня глаз. Для этого к кольцу арретира привязывают шнурок, а концы его пропущивают за шнурок нижнего ушка, то счетный механизм будет отключен, а за шнурок верхнего ушка — включен. В нижней части прибора имеется винт 8 для установки анемометра на деревянном столе.

Установка и наблюдения. Для измерения скорости ветра ручным анемометром его устанавливают на деревянном столбе нужной высоты или держат на вытянутой руке. В том и другом случае анемометр должен быть повернут циферблатом перпендикулярно направлению ветра.

Перед наблюдением при выключенном счетчике записывают начальные показания анемометра, т. е. положение всех трех стрелок анемометра на заданной высоте. Через 1—2 минуты, когда скорость вращения полушарий установится, счетчик анемометра включают поворотом кольца вверх. Через определенное время (на практике чаще всего анемометр включают на 100 секунд) счетчик отключают (кольцо поворачивают вниз) и вновь записывают показание прибора (тысячи, сотни, десятки, единицы) и время работы прибора в секундах. Секундомер включают и выключают одновременно с арретиром анемометра.

Разность в отсчетах до наблюдения и после наблюдений, деленная на время работы прибора, дает число делений счетчика анемометра в секунду. Для грубых расчетов полученное число

может быть использовано как скорость ветра, выраженная в м/сек.

Каждый анемометр снабжен поверочным свидетельством, в котором указано число делений счетчика в секунду и соответствующая скорость ветра в м/сек (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Образец поверочного свидетельства анемометра  
Ручной анемометр № 17642

| Число делений в сек. | Скорость ветра в м/сек | Число делений в сек. | Скорость ветра в м/сек | Число делений в сек. | Скорость ветра в м/сек |
|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| 1                    | 1,2                    | 5                    | 4,7                    | 9                    | 8,2                    |
| 2                    | 2,1                    | 6                    | 5,6                    | 10                   | 9,1                    |
| 3                    | 3,0                    | 7                    | 6,5                    | 11                   | 10,0                   |
| 4                    | 3,8                    | 8                    | 7,3                    | 12                   | 10,8                   |

Пример. Отсчет по анемометру перед наблюдением 7582, после наблюдений — 7982. Анемометр был включенным 100 секунд.

1. Находим число делений счетчика в одну секунду:

$$\frac{7982 - 7582}{100} = 4.$$

2. Из поверочного свидетельства определяем скорость ветра в м/сек: четырьмя делениями счетчика соответствует скорость ветра 3,8 м/сек.

В промежутках между отсчетами анемометр хранится в футляре с выключенным счетным механизмом.

**Ручной анемометр крыльчатый** (рис. 67) удобен для измерения скорости ветра среди степей.

Применением крыльчатого анемометра является легкое ветровое колесо 1 с восемью лопастями, смонтированное на трубке 2. Трубка имеет на концах втулки и вместе с ветровым колесом надевается на натянутую струну 3. Благодаря струне, применяемой в качестве оси вращения, крыльчатый анемометр очень чувствителен. Начальная чувствительность его 0,1 м/сек.

Трубка соединена червячной передачей со счетным механизмом 4, таким же, как у чашечного анемометра. Крыльчатка защищена от механического воздействия металлическим кольцом 5, к которому прикреплены счетный механизм и рукоятка 6. При измерении скорости ветра крыльчатый

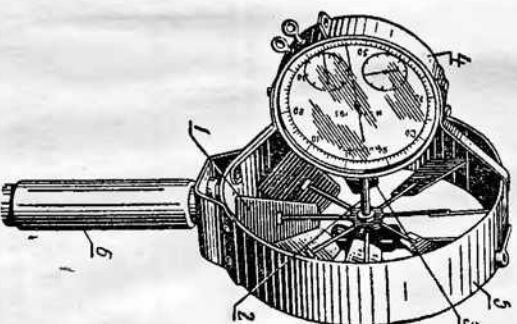


Рис. 67. Ручной анемометр крыльчатый.

чатый анемометром его держат за ручку 6 и ориентируют по направлению ветра, при этом счетчик должен быть позади потока воздуха относительно ветрового колеса. Дальнейший порядок наблюдений и обработки данных те же, что и при работе с чашечным анемометром.

**Ветровой вымпел.** При измерении скорости ветра анемометром направление ветра может быть определено ветровым вымпелом.

Ветровой вымпел представляет собой двухметровый шест, на один конец которого, на острей (гвоздь), надевается матерчатая лента длиной 1 м и шириной 4 см.

На уровне глаза на шесте делают отметку, которая служит для определения направления ветра.

При наблюдении за направлением ветра шест вращают до тех пор, пока отметка не будет иметь то же направление, что и матерчатая лента. После этого по компасу определяют направление отметки относительно стран света. Так как лента направлена по ветру, то направление его будет прямо противоположно положению ленты.

**Роза ветров.** Для решения многих практических задач необходимо знать преобладающие направление ветра в данной местности. Особенно необходимы эти сведения для правильного размещения защитных лесных полос, кулис, при расстановке щитов, а также для градостроительства. Чтобы определить преобладающее направление ветра, необходимы длительные наблюдения. На основании ежедневных наблюдений составляют таблицы повторяемости направления ветра по румбам (обычно по 8 румбам). Так как число случаев по каждому румбу будет очень большим, то в конечном итоге повторяемость ветра выражается в процентах. За 100% принимаются случаи всех направлений (румбов). Например, общее число случаев 1000, из них северного направления 30, южного 50 случаев и т. д. В этом примере один случай соответствует 0,1% (100 : 1000). Поэтому вместо 30 случаев северного направления будет записано 3%, а вместо 50 случаев южного направления — 5%.

В таблице 7 приводятся повторяемость направления ветра для января и июля по 8 румбам.

Таблица 7  
Направление ветра (в %) и среднее число штелей

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

Для наглядного изображения направления ветра строятся *розы ветров*. Для построения ее по направлению 8 основных румбов откладывают соответствующую им повторяемость ветра в выбранном масштабе.

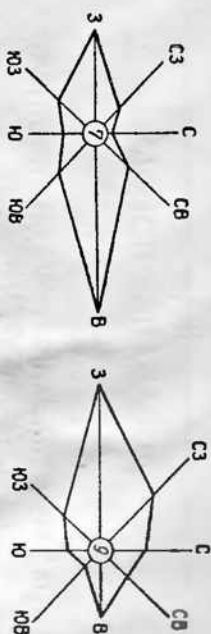


Рис. 68. Роза ветров.

Полученные точки на румбах соединяют ломаной линией. На рисунке 68 построены розы ветров по данным таблицы 7 (масштаб 1% = 1,5 мм). В центре розы ветров показано число штелей.

Пользуясь розами ветров (рис. 68), можно сделать вывод, что промышленные предприятия и фермы лучше располагать с южной или северо-восточной стороны от населенных пунктов, а лесные полосы должны быть направлены с севера на юг.



## ПРЕДСКАЗАНИЕ ПОГОДЫ

## Глава IX. ПРЕДСКАЗАНИЕ ПОГОДЫ СИНОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

## ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с метеорологическим кодом и составлением телеграмм погоды.
2. Ознакомиться с синоптическими символами и правилами несения погоды на синоптическую карту.
3. Ознакомиться с обработкой, анализом синоптических карт и сопоставлением прогноза погоды на примере учебных синоптических карт\*. Указать причины, снижающие оправдываемость некоторых прогнозов погоды.

## § 29. Общие сведения

Одной из главных задач метеорологии является предвидение предстоящих изменений погоды, т. е. предсказание ее. Прогнозы погоды имеют большое практическое значение почти для всех отраслей народного хозяйства и особенно для сельскохозяйственного производства, так как оно находится в наиболее тесной зависимости от погоды.

Наличие прогнозов погоды позволяет правильно установить сроки сева различных сельскохозяйственных культур, своевременно подготовиться к защите растений от вредных гидрометеорологических явлений (засуха, заморозки и др.), обеспечить уход за посевами в лучшие агротехнические сроки, а также вовремя и без потерь убрать урожай.

В настоящее время составляют и рассылают потребителю краткосрочные прогнозы на 24—36 часов и долгосрочные прогнозы погоды на сроки от 3 до 30 дней. Помимо общих прогнозов, которые публикуют в газетах и передают по радио, составляют специальные прогнозы для различных отраслей народного хозяйства.

В зависимости от нужд потребителя эти прогнозы содержат специфические данные. Например, для сельского хозяйства весной особенно важно знать ожидаемую температуру почвы на глубине заделки семян, вероятность заморозков, возможность выпадения осадков и т. д.

Работникам сельского хозяйства приходится пользоваться всеми видами прогнозов. Чтобы правильно применять прогнозы погоды в повседневной работе, необходимо знать технику составления

прогнозов погоды, уметь уточнить их, а некоторые из них — составлять.

Основным методом составления прогноза погоды является синоптический\*. Этот метод прогноза погоды основан на составлении синоптических карт, обработке и анализе их.

Составление прогноза погоды синоптическим методом — очень трудоемкая работа. Начинается она со сбора наблюдений метеорологических станций. Все метеорологические станции и установленное время (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 час по декретному московскому времени) производят наблюдения за погодой. Полученные результаты немедленно передаются в местные бюро погоды, а местные бюро погоды — в Москву в Гидрометцентр. Московский гидрометцентр принимает погоду из всех бюро погоды СССР и из зарубежных стран, передавая одновременно погоду Советского Союза в зарубежные страны.

## § 30. Метеорологический код

Для компактности текста и ускорения сбора сведений и международного обмена погоды передается по радио и телеграфу в зашифрованном виде, цифрами. Все цифры, соответствующие значениям различных метеорологических элементов, имеют строго определенную последовательность согласно схеме телеграммы метеорологического кода.

С 1955 года для зашифровки метеорологических наблюдений наземных станций применяется код КН-01\*\*. Схема метеорологической телеграммы представляет собой семь основных групп по пяти букв в каждой. Для передачи сведений, которые не могут быть включены в основные семь групп, применяются дополнительные группы. Ниже приводится схема кода основной телеграммы.

Схема кода КН-01 метеорологической телеграммы

|                |    |     |    |    |                |    |                |
|----------------|----|-----|----|----|----------------|----|----------------|
| 0              | 1  | 2   | 3  | 4  | 5              | 6  | 7              |
| UU             | UU | Ndd | UU | pp | Nh             | Td | RR             |
| G <sub>m</sub> | mm | mf  | ww | TT | C <sub>L</sub> | a  | T <sub>e</sub> |
| G <sub>m</sub> | mm | mf  | ww | TT | C <sub>L</sub> | a  | T <sub>e</sub> |

## ЗНАЧЕНИЕ БУКВ В СХЕМЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО КОДА

Нулевая группа UU G<sub>m</sub> G<sub>m</sub>

UU — число месяца по московскому счету времени. Кодифируется двумя цифрами: первое число — 01, второе — 02 и т. д.

\* От греческого «синоптикос» — одновременно обозревающий на больших пространствах.

\*\* Код для составления ежедневных метеорологических телеграмм на сухопутных станциях КН-01. Гидрометеоназдат, Л., 1960.

$G_m G_m$  — срок наблюдения в часах по московскому декретному времени. Три часа кодируется 03; 6 часов — 06; 12 часов — 12 и т. д.

### Первая группа IIIii

II — номер большого района, который указывается согласно схеме районирования сети метеорологических станций СССР (от 20 до 38).

iii — номер гидрометеорологической станции. Каждая метеорологическая станция имеет номер.

### Вторая группа Nddf<sub>m</sub>f<sub>m</sub>

N — общее количество облаков независимо от их форм. Кодится цифрами от 0 до 9 (по табл. 8).

Таблица 8

| Цифры кода | Количество облаков (в баллах)         | Цифры кода | Количество облаков (в баллах)                |
|------------|---------------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| 0          | Облаков нет совсем                    | 5          | 6                                            |
| 1          | 1 или менее (включая и следы облаков) | 6          | 7—8                                          |
| 2          | 2—3                                   | 7          | 9 или более, но есть просветы                |
| 3          | 4                                     | 8          | 10 (все небо покрыто облаками без просветов) |
| 4          | 5                                     | 9          | Небо не видно из-за тумана, метели и т. д.   |

dd — направление ветра (откуда дует) кодируется цифрами от 00 до 36 (по табл. 9).

Таблица 9

| Направление ветра | Цифры кода | Направление ветра | Цифры кода |
|-------------------|------------|-------------------|------------|
| Штиль             | 00         | ЮЮЗ               | 20         |
| ССВ               | 02         | ЮЗ                | 23         |
| СВ                | 05         | ЗЮЗ               | 25         |
| BCB               | 07         | З                 | 27         |
| В                 | 09         | ЗСЗ               | 29         |
| ВЮВ               | 11         | СЗ                | 32         |
| ЮВ                | 14         | ССЗ               | 34         |
| ЮЮВ               | 16         | С                 | 36         |
| Ю                 | 18         | Переменное        | 99         |

$f_m f_m$  — скорость ветра в м/сек. Цифры кода соответствуют скорости ветра в м/сек. Если ветра не было (штиль), ставится 00, при ветре 1 м/сек — 01 и т. д.

### Третья группа VVwwW

VV — горизонтальная видимость в км. Кодится цифрами от 00 до 80. Горизонтальная видимость от 0,1 до 5 км шифруется цифрами от 01 до 50, а от 6 до 30 км — цифрами кода от 56 до 80, т. е. в первом случае (до 6 км) цифры кода соответствуют горизонтальной видимости, увеличенной в 10 раз, а во втором (от 6 км) — увеличенной на 50. Например, горизонтальная видимость 4,5 км шифруется 45, а горизонтальная видимость 10 км — 60. Если горизонтальную видимость не удается установить, то в телеграмме вместо VV ставится xx.

ww — погода в срок наблюдений или в течение последнего часа. Различные характеристики погоды кодируются цифрами от 01 до 99 (табл. 10). Чтобы облегчить определение цифр кода, соответствующих данной погоде, в таблице 10 все 100 характеристик погоды разбиты на отдельные группы в зависимости от наличия тех или иных явлений.

W — характеристика погоды между сроками наблюдений, т. е. погоды с момента последнего до текущего измерения (обычно за 3 часа). Погода между сроками наблюдения кодируется цифрами от 0 до 9 по таблице 11.

### Четвертая группа PPPtT

PPP — атмосферное давление. Кодится оно тремя последними цифрами, т. е. в телеграмме указываются десятки, единицы и десятки доли миллибара. Например, давление воздуха 1017,5 мб кодируется 175, давление воздуха 989,0 мб кодируется 890 и т. д. TT — температура воздуха. Передается в целых градусах. Если значение температуры с десятками долями, то округление производится до ближайшего целого градуса. Например, 10,4° до 10, а 10,6° до 11. В случае если десятых долей 5, то округление производится до четного числа целых градусов (10,5° до 10, 11,5° до 12 и т. д.).

При кодировании относительной температуры к абсолютной величине ее прибавляют 50. Так, температура —15° шифруется 65, —30 шифруется 80 и т. д. При температуре ниже —50° сотни отбрасываются и передаются только десятки и единицы. Например, когда температура воздуха равна —52°, то передается 02 (от прибавления 50 получим 102).

### Пятая группа N<sub>h</sub>C<sub>l</sub>h<sub>h</sub>C<sub>h</sub>

N<sub>h</sub> — количество облаков C<sub>l</sub>. Если нет C<sub>l</sub>, то указывается количество облаков C<sub>m</sub>. Количество облаков кодируется по таблице 8.

C<sub>l</sub> — преимущественно облака нижнего яруса и облака вертикального развития. Сюда включаются слоисто-кучевые (Sc), слоистые (St), кучевые (Cu) и кучево-дождевые облака (Cb).



| Цифра кода | Характеристика погоды                                                                                                         | Цифра кода | Характеристика погоды                                                                                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 00         | А. Без осадков в срок наблюдений (от 00 до 49)                                                                                | 33         | Ослабла в течение последнего часа                                                                                                                |
| 01         | Погода без осадков, тумана, пыльной или песчаной бури, низовой метели или поземки в срок наблюдений (от 00 до 19)             | 34         | Сильная буря или песчаная буря                                                                                                                   |
| 02         | В срок наблюдений безоблачно. Предшествующие условия неизвестны                                                               | 35         | Слабый или умеренный поземок                                                                                                                     |
| 03         | В срок наблюдений безоблачно. Облака рассеялись в течение последнего часа                                                     | 36         | Сильный поземок                                                                                                                                  |
| 04         | Безоблачно в срок наблюдений и в течение последнего часа                                                                      | 37         | Слабая или умеренная низовая метель                                                                                                              |
| 05         | Облака обратились, или в целом развиваются                                                                                    | 38         | Сильная низовая метель                                                                                                                           |
| 06         | Видимость ухудшилась из-за дыма (от степных или лесных пожаров, от промышленных предприятий)                                  | 39         | Туман в срок наблюдений (от 40 до 49)                                                                                                            |
| 07         | Мгла                                                                                                                          | 40         | Туман или ледяной туман в окрестностях станции, простирющийся выше уровня глаза наблюдателя. В течение последнего часа тумана на станции не было |
| 08         | Пыль в срок наблюдений, взвешенная в воздухе, но не поднятая ветром на станции или вблизи нее                                 | 41         | Туман или ледяной туман местами                                                                                                                  |
| 09         | Пыль или песок, поднятые ветром на станции или вблизи нее в срок наблюдений, но пыльной или песчаной бури или вихрей не видно | 42         | Туман или ледяной туман, небо видно (звезды, луна, солнце или облака сквозь туман видны)                                                         |
| 10         | Хорошо развитый пыльный или песчаный вихрь                                                                                    | 43         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 11         | Пыльный или песчаный туман в поле зрения                                                                                      | 44         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 12         | Дымка                                                                                                                         | 45         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 13         | Поземный туман клочьями или полосами на станции или в поле зрения, высотой не более 2 м над сушей                             | 46         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 14         | Поземный туман более или менее сплошной на станции или вблизи нее, высотой не более 2 м над сушей                             | 47         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 15         | Зарница                                                                                                                       | 48         | Туман или ледяной туман, небо                                                                                                                    |
| 16         | Осадки в поле зрения, но не достигающие поверхности земли                                                                     | 49         | Туман с отложением твердого осадка (изморозь), небо не видно                                                                                     |
| 17         | Осадки в поле зрения, достигающие поверхности земли на расстоянии более 5 км от станции                                       |            | Б. Осадки на станции в срок наблюдений (от 50 до 99)                                                                                             |
| 18         | Осадки в поле зрения, достигающие поверхности земли поблизости от станции, но не на самой станции                             |            | Морось (от 50 до 59)                                                                                                                             |
| 19         | Прося                                                                                                                         |            | Морось с перерывами, слабая                                                                                                                      |
| 20         | Прося                                                                                                                         |            | " с перерывами, умеренная                                                                                                                        |
| 21         | Смерч (смерч)                                                                                                                 |            | " с перерывами, умеренная                                                                                                                        |
| 22         | Осадки, туман, гроза на станции в течение последнего часа, но не в срок наблюдений (от 20 до 29)                              |            | " с перерывами, сильная                                                                                                                          |
| 23         | Морось или снежные зерна                                                                                                      |            | " с перерывами, сильная                                                                                                                          |
| 24         | Дождь                                                                                                                         |            | " непрерывная, сильная                                                                                                                           |
| 25         | Снег                                                                                                                          |            | " непрерывная, сильная                                                                                                                           |
| 26         | Дождь со снегом или ледяной дождь                                                                                             |            | " заморающая (образующая гололед), слабая                                                                                                        |
| 27         | Морось или дождь заморающие (образующие гололед)                                                                              |            | " заморающая (образующая гололед), умеренная или сильная                                                                                         |
| 28         | Ливневый дождь                                                                                                                |            | " слабая с дождем                                                                                                                                |
| 29         | Ливневый снег или ливневый дождь со снегом                                                                                    |            | " умеренная или сильная с дождем                                                                                                                 |
| 30         | Град, ледяная или снежная крупа с дождем или без дождя                                                                        |            | Дождь (от 60 до 69)                                                                                                                              |
| 31         | Туман или ледяной туман                                                                                                       |            | Дождь с перерывами, слабый                                                                                                                       |
| 32         | Гроза с осадками или без них                                                                                                  |            | " с перерывами, умеренный                                                                                                                        |
| 33         | Пыльная или песчаная буря, поземок или низовая метель в срок наблюдений (от 30 до 39)                                         |            | " непрерывный, умеренный                                                                                                                         |
| 34         | Ослабла в течение последнего часа                                                                                             |            | " с перерывами, сильный                                                                                                                          |
| 35         | Без заметного изменения интенсивности в течение последнего часа                                                               |            | " с перерывами, сильный                                                                                                                          |
| 36         | Началась или усилилась в течение последнего часа                                                                              |            |                                                                                                                                                  |
| 37         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 38         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 39         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 40         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 41         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 42         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 43         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 44         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 45         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 46         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 47         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 48         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 49         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 50         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 51         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 52         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 53         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 54         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 55         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 56         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 57         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 58         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 59         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 60         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 61         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 62         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 63         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |
| 64         |                                                                                                                               |            |                                                                                                                                                  |

| Цифра<br>кода | Характеристика погоды                                                                      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 65            | Дождь непрерывный, сильный                                                                 |
| 66            | " замораживающий (образующий гололед), слабый                                              |
| 67            | " замораживающий (образующий гололед), умеренный или сильный                               |
| 68            | " или морось со снегом, слабые                                                             |
| 69            | " " со снегом, умеренные или сильные                                                       |
| 70            | Твердые осадки не ливневые (от 70 до 79)                                                   |
| 71            | Снег с перерывами, слабый                                                                  |
| 72            | " с перерывами, умеренный                                                                  |
| 73            | " непрерывный, умеренный                                                                   |
| 74            | " с перерывами, сильный                                                                    |
| 75            | " непрерывный, сильный                                                                     |
| 76            | Ледяные иглы                                                                               |
| 77            | Снежные зерна                                                                              |
| 78            | Отдельные снежные кристаллы, по-<br>хожие на звездочки                                     |
| 79            | Ледяной дождь                                                                              |
| 80            | Ливневые осадки без грозы (от 80 до 90)                                                    |
| 81            | Ливневый дождь слабый                                                                      |
| 82            | Ливневый дождь умеренный или сильный                                                       |
| 83            | Ливневый дождь очень сильный                                                               |
| 84            | Ливневый дождь со снегом, слабый                                                           |
| 85            | Ливневый дождь со снегом, умеренный или сильный                                            |
| 86            | Ливневый снег умеренный или сильный                                                        |
| 87            | Леденная или снежная крупа слабая, с дождем, со снегом и дождем или без них                |
| 88            | Леденная или снежная крупа умеренная или сильная, с дождем, со снегом и дождем или без них |
| 89            | Град слабый, с дождем, со снегом и дождем или без них                                      |
| 90            | Град умеренный или сильный, с дождем, со снегом и дождем или без них                       |
| 91            | Гроза в срок наблюдений или в течение<br>последнего часа (от 91 до 99)                     |
| 92            | Дождь слабый                                                                               |
| 93            | Дождь умеренный или сильный                                                                |
| 94            | Снег или снег с дождем, или град,<br>или крупа, слабые                                     |
| 95            | Снег или снег с дождем, или град,<br>или крупа, умеренные или сильные                      |
| 96            | Гроза слабая или умеренная без<br>града или крупы, но с дождем                             |
| 97            | Гроза слабая или умеренная, с гра-<br>дом или крупной                                      |
| 98            | Гроза сильная без града или крупы,<br>но с дождем или снегом, или с<br>дождем и снегом     |
| 99            | Гроза вместе с песчаной или пыль-<br>ной бурей. Осадки могут быть<br>видны или не видны    |
|               | Гроза сильная с градом или кру-<br>пой                                                     |

| Цифра<br>кода | Характеристика погоды                                                                                                                       | Цифра<br>кода | Характеристика погоды                                            |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|
| 0             | Ясно или облачность не бо-<br>лее 5 баллов                                                                                                  | 3             | Песчаная или пыльная буря,<br>или пыльный, или пыльный<br>метель |
| 1             | Менюющаяся облачность. В те-<br>чение рассматриваемого про-<br>межутка времени более 5 бал-<br>лов, а в среднем равна или<br>менее 5 баллов | 4             | Туман или ледяной туман, или<br>сильная мгла                     |
| 2             | Пасмурно или облачность более<br>5 баллов                                                                                                   | 5             | Морось                                                           |
|               |                                                                                                                                             | 6             | Дождь                                                            |
|               |                                                                                                                                             | 7             | Снег и дождь со снегом                                           |
|               |                                                                                                                                             | 8             | Ливневые осадки                                                  |
|               |                                                                                                                                             | 9             | Гроза с осадками или без них                                     |

В зависимости от наблюдаемых форм облаков они кодируются  
цифрами от 0 до 9 по таблице 12.

Т а б л и ц а 12

| Цифры<br>кода | Облака                                                                                                                                                 | Номера таблиц                                          |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0             | Облаков нет                                                                                                                                            | 57, 57а, 60 (1г, 2, 3)                                 |
| 1             | Кучевые плоские или кучевые разорванные, не<br>относящиеся к облакам пыльной погоды                                                                    | 58, 61—66, 113, 123, 127,<br>128, (5а, 5б, 6, 7, 8, 9) |
| 2             | Кучевые средние или кучевые мощные                                                                                                                     | 67—69 (10, 11)                                         |
| 3             | Кучево-дождевые «лысье»                                                                                                                                | 50, 51 (18, 19, 20а, 20б)                              |
| 4             | Слоисто-кучевые, образовавшиеся из кучевых или<br>кучево-дождевых                                                                                      | 41—45, 47, 49, 56, 122,<br>129, 130 (21—25)            |
| 5             | Слоисто-кучевые, образовавшиеся не из кучевых<br>или кучево-дождевых                                                                                   | 52, 53, 100 (26, 27)                                   |
| 6             | Слоистые облака туманообразные и слоистые<br>разорванные, не относящиеся к облакам пыль-<br>ной погоды                                                 | 22, 55, 80 (28, 29, 37)                                |
| 7             | Слоистые разорванные или кучевые разорванные<br>пыльной погоды                                                                                         | 46 (30, 31)                                            |
| 8             | Кучевые и слоисто-кучевые, основания которых<br>расположены на разных уровнях. Слоисто-ку-<br>чевые образовались не из кучевых или кучево-<br>дождевых | 54, 70—78, 124—126<br>(12—17, 35, 36)                  |
| 9             | Кучево-дождевые «высотатяге»                                                                                                                           |                                                        |

Формы облаков обычно определяются по «Атласу облаков»,  
поступому в таблицах 12, 14, 15, помимо названия облаков, указаны  
номера таблиц из «Атласа облаков», изданного в 1957 г., а также  
из «Международного атласа облаков» \*.

h — высота нижней границы облаков С<sub>л</sub> или С<sub>м</sub> над поверхно-  
стью земли. Высота облаков С<sub>м</sub> указывается в том случае, когда

\* Номера таблиц из «Международного атласа облаков» взяты в скобки.



нет облаков  $C_L$  или их очень мало (менее 1 балла). Высота облаков кодируется по таблице 13.

Т а б л и ц а 13

| Цифра кода | Высота (в м) | Цифра кода | Высота (в м)                    |
|------------|--------------|------------|---------------------------------|
| 0          | Менее 50     | 6          | 1000—1500                       |
| 1          | 50—100       | 7          | 1500—2000                       |
| 2          | 100—200      | 8          | 2000—2500                       |
| 3          | 200—300      | 9          | 2500 и более или же облаков нет |
| 4          | 300—600      | x          | Высота неизвестна               |
| 5          | 600—1000     |            |                                 |

$C_M$  — формы облаков среднего яруса (высококучевые  $A_c$  и высокослоистые  $A_s$ ) и нижнего яруса (слоисто-дождевые облака  $N_s$ ). Они кодируются цифрами от 0 до 9 по таблице 14.

Т а б л и ц а 14

| Цифры кода | Облака                                                                                                                                                           | Номера таблиц                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 0          | Облаков нет                                                                                                                                                      |                                        |
| 1          | Высокоослоистые просвечивающие                                                                                                                                   | 22, 23 (37)                            |
| 2          | Высокоослоистые непросвечивающие или слоисто-дождевые                                                                                                            | 24, 55, 56 (38)                        |
| 3          | Высококучевые просвечивающие, расположенные на одном уровне                                                                                                      | 28, 129, 130 (40—43)                   |
| 4          | Высококучевые просвечивающие, расположенные на одном или нескольких уровнях                                                                                      | 27, 31, 32, 102, 103, 104, 106 (44—47) |
| 5          | Высококучевые просвечивающие. Облака постепенно распространяются по небу и обычно в целом уплотняются                                                            | 26 (48, 49)                            |
| 6          | Высококучевые, образовавшиеся из кучевых или кучево-дождевых                                                                                                     | 39, 40 (50a, 50b)                      |
| 7          | Два слоя или более высококучевых просвечивающих, не распространяющихся постепенно по небу, либо же высококучевые вместе с высоко-слоистыми или слоисто-дождевыми | 30, 34 (51—54)                         |
| 8          | Высококучевые башнеобразные или высококучевые хлопьевидные                                                                                                       | 16, 25, 29, 36—38 (55, 57)             |
| 9          | Высококучевые при хаотическом виде неба                                                                                                                          | 33, 35 (58, 59)                        |

$C_H$  — форма облаков верхнего яруса (перистые  $C_i$ , перисто-кучевые  $C_c$  и перисто-слоистые  $C_s$ ). Облака верхнего яруса кодируются цифрами от 0 до 9 по таблице 15.

Если облака  $C_L$ ,  $C_M$  или  $C_H$  не видны из-за темноты, тумана или сплошного покрова более низких облаков, то в телеграмме ставится х.

Т а б л и ц а 15

| Цифры кода | Облака                                                                                                                                                                                                           | Номера таблиц          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 0          | Облаков нет                                                                                                                                                                                                      |                        |
| 1          | Перистые нитевидные, иногда котевидные, не распространяющиеся постепенно по небу                                                                                                                                 | 1, 2, 4, 105 (61, 62)  |
| 2          | Перистые плотные в виде пучков или спутанных снопов и хлопьев, количество которых обычно не увеличивается                                                                                                        | 5, 6, 9, 14 (63)       |
| 3          | Перистые плотные, образовавшиеся из кучево-дождевых облаков                                                                                                                                                      | 7, 11, 12 (64—66)      |
| 4          | Перистые котевидные или перистые нитевидные, постепенно распространяющиеся по небу и в целом обычно уплотняются                                                                                                  | 10 (67, 68)            |
| 5          | Перистые, часто в виде полос, и перисто-слоистые или одни перисто-слоистые, постепенно распространяющиеся по небу. Сплошной слой этих облаков поднимается над горизонтом менее чем на $45^\circ$                 | 3, 8 (69)              |
| 6          | Перистые, часто в виде полос, и перисто-слоистые или одни перисто-слоистые, постепенно распространяющиеся по небу. Сплошной слой этих облаков поднят над горизонтом выше $45^\circ$ , но не покрывает всего неба | (70)                   |
| 7          | Перисто-слоистые, покрывающие все небо                                                                                                                                                                           | 21 (71)                |
| 8          | Перисто-слоистые, не распространяющиеся по небу и не покрывающие его полностью                                                                                                                                   | (72)                   |
| 9          | Перисто-кучевые или перисто-кучевые, преобладающие над другими облаками                                                                                                                                          | 13, 15—17 (73, 74, 75) |

#### Шестая группа $T_d T_{app}$

$T_d T_d$  — температура точки росы. Кодируется так же, как и температура воздуха,  $T_T$ .

$a$  — характеристика барической тенденции (характер изменения атмосферного давления) за последние 3 часа. Барическая тенденция в зависимости от характера ее изменения кодируется цифрами от 0 до 8 по таблице 16.

Т а б л и ц а 16

| Цифры кода | Характеристика тенденции                                        | Цифры кода | Характеристика тенденции                           |
|------------|-----------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------|
| 0          | Рост, затем падение                                             | 5          | Падение, затем рост                                |
| 1          | Рост, затем без изменения                                       | 6          | Падение, затем без изменения                       |
| 2          | Рост, равномерный или неравномерный                             | 7          | Равномерное или неравномерное падение              |
| 3          | Падение, затем рост. Без изменения, затем рост.                 | 8          | Рост, затем падение. Без изменения, затем падение. |
| 4          | Рост, затем более сильный рост                                  |            |                                                    |
|            | Ровный или неровный ход, но давление такое же, как 3 часа назад |            |                                                    |

рр — величина барической тенденции за последние 3 часа. Кодировуется в десятках долей миллибара. Например, при понижении давления за 3 часа на 1,5 мб вместо рр ставится 15. Если величина барической тенденции превышает 9,9 мб, то на месте рр ставится 99. Фактическую же величину барической тенденции передают в дополнительной группе.

#### Седьмая группа TRRT, T<sub>e</sub>

Седьмая группа передается два раза в сутки: утром и вечером.

#### 7 — отличительная цифра.

RR — количество осадков в мм. До 55 мм цифры кода соответствуют фактически выпавшим осадкам. Например, 0 мм шифруется 00, 3 мм — 03, 40 мм — 40 и т. д. Для кодирования осадков, превышающих 55 мм, необходимо к количеству осадков в десятках прибавить 50. Так, осадки в 70 мм кодируются цифрой 57, осадки в 360 мм кодируются 86 и т. д.

T<sub>e</sub> — экстремальная температура. В утренней телеграмме передается минимальная, в вечерней — максимальная температура за истекший период. Кодировуется так же, как температура воздуха TT.

Применение метеорологического кода КН-01 позволяет передать погоду сокращенно цифровыми группами. В таблице 17 приводятся характеристика погоды, а ниже соответствующая ей телеграмма погоды, составленная на основании кода КН-01, по наблюдениям метеорологической станции на 9 часов 6 февраля 1967 года.

Таблица 17

Значение метеорологических элементов на 9 часов 6 февраля 1967 г.

| Метеорологические элементы      | Время наблюдения 09          | Метеорологические элементы              | Время наблюдения 09 |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| Горизонтальная видимость        | 4 км                         | Скорость ветра                          | Тихо                |
| Общее количество облаков        | 10 б                         | Температура воздуха                     | —2,1°               |
| Формы облаков                   | Слабо-дождевые (табл. 55)    | Точка росы                              | —4,0°               |
| Высота нижней границы облаков   | 300 м                        | Минимальная температура воздуха за ночь | —6,6°               |
| Количество осадков              | 0,4 мм                       | Давление воздуха                        | 1019,4 мб           |
| Погода между сроками наблюдений | Шел снег                     | Характеристика барической тенденции     | Равномерный рост    |
| Погода в срок наблюдений        | Шел снег непрерывный, слабый | Величина барической тенденции           | +0,2 мб             |

В зашифрованном виде эта погода записывается одной строкой.

0 1 2 3 4 5 6 7  
0609 34523 80000 96717 19452 8042x 54202 79457

Таким образом, благодаря коду сводка погоды имеет более совершенный вид и быстро передается в соответствующие центры. Сводки погоды начинают поступать в Гидрометцентр уже через 20 минут после очередного срока наблюдений и сразу же используются для составления синоптической карты.

### § 31. Синоптические карты

Основные синоптические карты составляют четыре раза в сутки по наблюдениям в 03, 09, 15 и 21 час. Эти карты охватывают очень большую территорию, протяженностью в несколько тысяч километров, и служат основой для составления суточного прогноза погоды.

Один-два раза в сутки по наблюдениям в основные сроки составляют синоптические карты всего полушария и в каждый срок наблюдений — карты-коловки. Последние охватывают небольшие районы (иногда только одну область) и применяются для прогнозов на ближайшие часы, а также используются при составлении суточного прогноза.

Бланки синоптических карт представляют собой географические карты, на которых обозначены кружки (пунксы) станций. Возле каждого пунксона подписаны индексы (номера станций), присвоенные им. Согласно номеру метеорологической станции, указанной в телеграмме погоды, метеостанцию находят на бланке синоптической карты и вокруг данного пунксона наносят значения метеорологических элементов.

**Синоптические символы.** Для составления синоптических карт применяются условные обозначения — синоптические символы (рис. 69). Символы на рисунке определяются по цифрам кода, содержащимся в телеграмме погоды. В левой стороне рисунка 69 указаны символы для нанесения погоды в срок наблюдения (ww) по цифрам кода от 00 до 99, а в правой — символы для изображения на картах Cl, C<sub>m</sub>, C<sub>n</sub>, W, a, N по цифрам кода от 0 до 9.

Направление ветра на карте обозначают стрелкой, направленной к пунксу станции со стороны, откуда дует ветер, а скорость ветра — оперением стрелки. Одно большое перо соответствует скорости ветра 3—4 м/сек, малое — 1—2 м/сек (рис. 70).

Остаточную часть метеорологических элементов наносят цифрами, причем давление и температуру воздуха в срок наблюдений, экстремальную температуру и точку росы наносят цифрами, которые стоят в телеграмме. При отрицательной температуре из числа, указанного в телеграмме, вычитают 50 и наносят остаток.



|    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                |                |                |   |   |   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|----------------|----------------|---|---|---|
| W  | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | C <sub>L</sub> | C <sub>M</sub> | C <sub>H</sub> | C | W | N |
| 00 | ○   | ○   | ○   | ○   | ∞   | S   | ↓   | E   | (S) | 0   |                |                |                | - | ○ | ○ |
| 10 | =   | =   | <   | ~   | ∞   | (R) | V   | )   | (   | 1   | ○              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 20 | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | ]   | 2              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 30 | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 5   | 3              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 40 | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | (=) | 4              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 50 | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | 5              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 60 | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | 6              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 70 | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | *   | 7              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 80 | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | •   | 8              | △              | △              | △ | △ | △ |
| 90 | △   | △   | △   | △   | △   | △   | △   | △   | △   | △   | 9              | △              | △              | △ | △ | △ |

Рис. 69. Синоптические символы.

Цифрами обозначают также горизонтальную видимость, количество облаков и их высоту, а также количество осадков. Горизонтальная видимость выражается в километрах. Для обозначения количества облаков и их высоты используются специальными таблицами (табл. 18 и 19). Количество нижних облаков обозначают по таблице 18, а высоту их — по таблице 19.

Таблица 18

| Цифры кода | Наносится на карту | Цифры кода | Нано-сится на карту | Цифры кода | Нано-сится на карту | Цифры кода | Наносится на карту |
|------------|--------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|--------------------|
| 0          | Не наносится       | 5          | 6                   | 0          | <50                 | 5          | 600                |
| 1          | 1                  | 6          | 8                   | 1          | 50                  | 6          | 1000               |
| 2          | 2                  | 7          | 9                   | 2          | 100                 | 7          | 1500               |
| 3          | 3                  | 8          | 10                  | 3          | 200                 | 8          | 2000               |
| 4          | 4                  | 9          | x                   | 4          | 300                 | 9          | Не наносится       |

Таблица 19

| Цифры кода | Нано-сится на карту | Цифры кода | Наносится на карту |
|------------|---------------------|------------|--------------------|
| 0          | <50                 | 5          | 600                |
| 1          | 50                  | 6          | 1000               |
| 2          | 100                 | 7          | 1500               |
| 3          | 200                 | 8          | 2000               |
| 4          | 300                 | 9          | Не наносится       |

Осадки отмечают в целых миллиметрах или в десятых долях, если количество их меньше одного миллиметра.

Для того чтобы облегчить чтение синоптических карт, каждый метеорологический элемент наносится на строго определенном месте относительно пунсона станции в соответствии со схемой (рис. 70) и тушью разных цветов: осадки — зеленой; температура в срок наблюдений и экстремальная, погода между сроками наблюдений и облака верхнего яруса — красной, а все остальные элементы — черной тушью. На рисунке 71 изображены данные, соответствующие погоде на 6 февраля 1967 года по станции Лутанск (см. телеграмму погоды на стр. 115). Так наносится погода на синоптических картах около каждого кружка станции, только значительно мельче: все символы и цифры должны быть размещены примерно в одном квадратном сантиметре.

|                               |                |     |
|-------------------------------|----------------|-----|
| T <sub>e</sub> T <sub>e</sub> | C <sub>M</sub> | PPP |
| TT                            | C <sub>M</sub> | PPP |
| ww                            | (N)            | ppp |
| VV                            | C <sub>N</sub> | W   |
| TdId                          | h              | RR  |

Рис. 70. Схема расположения отдельных элементов возле пунсона станции.

-7  
-2  
\* \* \* \* \*  
194  
+0.2  
10  
\*  
-4 300 0.4

Рис. 71. Пример нанесения метеорологических наблюдений на карту.

По синоптической карте с нанесенными данными видно, какая погода наблюдается в той или иной местности, т. е. синоптическая карта представляет собой как бы снимок состояния погоды в определенный момент над большой территорией. Чтобы составить полную картину процессов, развивающихся в атмосфере, синоптическую карту после нанесения данных наблюдений обрабатывают.

**Обработка синоптических карт** заключается в определении мест расположения циклонов, антициклонов, атмосферных фронтов и воздушных масс. Обработка начинается с заштриховки цветными карандашами районов выпадения осадков (зеленым цветом), районов распространения туманов (желтым цветом) и проведения изобар (линии равного давления) через 5 мб (простым карандашом). Штрихуют цветными карандашами воздушные массы различного происхождения. Затем определяют границы между ними — атмосферные фронты. На синоптических картах теплый фронт изображают линией красного цвета, холодный — линией синего или черного цвета. В центре циклона ставят черным карандашом большую букву *H*, а в центре антициклона — букву *B*.

Таким образом, на обработанной синоптической карте уже хорошо видны те процессы, которые наблюдаются над различными географическими областями.

**Анализ синоптических карт и прогноз погоды.** После обработки синоптической карты приступают к ее анализу. Для этой цели используются, помимо текущей синоптической карты, предыдущие синоптические карты, карты-колытовки, высотные карты, которые составляются до высоты 5 км, а в ряде случаев — данные наблюдений метеорологических искусственных спутников Земли. В настоящее время наблюдения с искусственных спутников Земли используются при составлении прогнозов для Московской области и для уточнения синоптических процессов на картах земного шара.

В ходе анализа синоптических карт прежде всего определяют, в каком направлении и с какой скоростью в ближайшее время будут перемещаться воздушные массы, фронты, циклоны и антициклоны, а также дальнейший ход развития атмосферных процессов. Например, будет ли атмосферное давление в центре циклона

в дальнейшем понижаться или повышаться. В первом случае циклоны будут углубляться, а во втором — заполняться. Повышение давления в антициклоне, наоборот, сопровождается его усилением. В результате анализа синоптической карты производится расчет будущего синоптического положения, т. е. определяются географические районы распространения и новые свойства воздушных масс, фронтов, циклонов и антициклонов, которые будут наблюдаться на следующий день. На основании анализа синоптической карты и полученного будущего синоптического положения и составляют прогнозы погоды.

Таким образом, в прогнозах содержится характеристика погоды, соответствующая ожидаемым над данной территорией атмосферным процессам. Формулировка прогнозов очень короткая и понятная для всех. В них дается общая качественная и количественная характеристика предстоящих изменений погоды по элементам: облачности, осадкам, ветру, температуре, атмосферным явлениям (гроза, туманы, метель, гололед, изморозь и др.).

Суточный прогноз погоды составляют на период с 21 часа текущего дня до 21 часа следующего дня, причем время с 21 часа текущего до 9 часов следующего дня считается первой половиной и с 9 часов до 21 часа следующего дня — второй половиной периода. В случае необходимости прогноз погоды на второй период уточняют по последующим синоптическим картам.

Здесь изложена только общая, упрощенная схема этапов работы при составлении прогнозов погоды, но и она дает представление о сложности и трудоемкости этого процесса.

**Оправдываемость прогнозов.** На данном этапе развития науки оправдываемость прогнозов составляет в среднем 80—85%. Это довольно большая точность, особенно если учесть, что процент оправдываемости снижается не только из-за неправильного прогноза, но и из-за неверного предсказания отдельных элементов в них. Поэтому специальные прогнозы имеют большую оправдываемость, чем общие. Оправдываемость прогнозов погоды для данной местности снижается в основном по двум причинам.

Во-первых, прогнозы составляются преимущественно для большой территории (область, край), имеющей различный характер подстилающей поверхности. Поэтому даже при одних и тех же атмосферных процессах будет разница в погоде отдельных мест. Например, в прогнозе погоды указаны заморозки или осадки. В действительности заморозки были в пониженных местах, но их не было на склонах и возвышенностях. Значит, для хозяйств, расположенных на возвышенностях, прогноз не оправдался. Осадки выпали только около лесных массивов и возвышенностей, а на равном и открытом месте их не было. Опять прогноз не оправдался. Фактически прогноз был составлен правильно, но существующая методика пока не позволяет еще детализировать его.

Во-вторых, некоторые прогнозы не оправдываются в результате возможных ошибок, допущенных при расчете скорости и направ-

ления перемещения воздушных масс, фронтов, циклонов и антициклонов. При ошибке в определении скорости предсказанное изменение погоды может быть раньше или позже указанного и прогнозе времени. Например, осадки, ожидаемые по прогнозу во второй половине периода, могут выпасть или в первую половину периода или только в следующие сутки. Если ошибка допущена в расчете направления перемещения барических образований, то указанное в прогнозе изменение погоды может и не наблюдаться в данной местности, а произойдет где-то поблизости. Все эти неточности прогнозов погоды в определенной степени могут быть устранены уточнением полученных прогнозов по местным признакам и наблюдениям в данном пункте. Поэтому оправдываемость и практическая значимость прогнозов повышается, если прогнозам погоды пользоваться систематически и уточнять их по наблюдениям в данном пункте и по местным признакам. Особенно это относится к метеорологическим элементам и атмосферным явлениям, распределение которых зависит от подстилающей поверхности (осадки, заморозки и др.).

В настоящее время в Советском Союзе и в ряде других стран для предсказания погоды применяется, помимо синоптического, математического, или численный, метод. Путем решения сложных уравнений определяются три элемента: давление, температура воздуха и характеристика ветра. Большая заслуга в развитии этого метода принадлежит члену-корреспонденту АН СССР И. А. Кибею.

## Глава X. ПРЕДСКАЗАНИЕ ПОГОДЫ ПО МЕСТНЫМ ПРИЗНАКАМ

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить местные признаки установления и сохранения погоды без осадков, местные признаки приближения ненастной погоды с осадками и ее сохранения. Составить прогноз погоды по местным признакам.
2. Назвать народные приметы, которые можно использовать для предсказания погоды.

### § 32. Местные признаки погоды

Работникам сельскохозяйственного производства необходимо хорошо знать и уметь использовать в практической работе местные признаки погоды, по которым можно уточнять для данной местности полученный прогноз погоды, а также самостоятельно предсказывать ожидаемую погоду.

По местным признакам с достаточной точностью можно предсказать погоду на ближайшие 3—4 часа, а иногда и на более длительный срок, хотя это значительно сложнее, так как видимый горизонт открыт на небольшое расстояние.



Для сельскохозяйственного производства в отдельных случаях очень важно иметь прогнозы даже такой малой заблаговременности. Например, если известно, что через 3—4 часа начнется дождь, то за это время можно укрыть зерно на току, собрать сено в стога и т. д. Синоптическим методом составить прогноз погоды на такой короткий срок по техническим причинам не представляется возможным.

Очень важным местным признаком являются облака. Известно, что изменения погоды происходят в результате смены воздушных масс, прохождения атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов. Различным воздушным массам (теплым, холодным), атмосферным фронтам, циклонам и антициклонам свойственны определенные облака. Поэтому, наблюдая за закономерностью изменения форм облаков, можно определить ожидаемую погоду.

В качестве местных признаков могут быть использованы также изменения атмосферного давления, изменения температуры и скорости ветра в течение суток, гидрометеоры (роса, иней, радиационный туман) и оптические явления в атмосфере (гало, окраска зари, радуга).

Для предсказания погоды по местным признакам желательно использовать не один, а несколько признаков. Причем, чем больше местных признаков свидетельствуют о предстоящем изменении погоды, тем более вероятно, что оно произойдет.

Если же местные признаки противоречат один другому, то в этом случае следует прежде всего учитывать наиболее важные (облака, ветер).

Ниже приводятся некоторые местные признаки для основных типов погоды.

**Признаки сохранения погоды без осадков.** Ясная погода без осадков наблюдается в антициклоне. Признаками сохранения антициклональной погоды являются хорошо выраженный суточный ход температуры воздуха, ветра и других метеорологических элементов. Давление воздуха очень мало меняется или отмечается небольшой рост его во времени.

Днем наблюдается усиление ветра и значительное повышение температуры. К полудню развиваются кучевые облака в виде отдельных шапок, которые к вечеру растекаются.

Ночи прохладные, очень тихие, небо почти совершенно безоблачное и очень звездное. В результате ночного излучения может образоваться роса, а в пониженных местах и вблизи водоемов, где влажность значительная, — туман, который с восходом солнца рассеивается (радиационный туман).

Вечерняя зари золотистого или даже зеленого оттенка.

**Признаки наступления ненастной погоды.** Пасмурная погода с осадками бывает при прохождении атмосферных фронтов и циклонов, в которых также есть теплый и холодный фронты. Особенно ненастная погода с продолжительными обложными осадками, зна-

чительной низкой облачностью и туманами наблюдается на теплых фронтах и соответственно в передней части циклона.

Признаками приближения теплых фронтов, а следовательно, и продолжительных обложных осадков являются медленное падение атмосферного давления и поднятие перистых облаков, идущих с базы (с одной части горизонта). Постепенно перистые облака уплотняются в перисто-слоистые. В это время вокруг солнца или луны может образоваться светлый круг — гало. Иногда может быть не один круг, а несколько, тогда наблюдается сложное гало. Дальнейшее уплотнение облаков сопровождается образованием высококислотных облаков. Одновременно с этим постепенно уменьшаются и совсем исчезает гало. Уже из высококислотных облаков зимой могут выпадать осадки, хотя очень слабые. За высококислотными облаками надвигаются мощные темного цвета слоистые дождевые облака, которые и сопровождаются выпадением продолжительных непрерывных, так называемых обложных осадков.

В результате увеличения облачности слаживаются суточный ход температуры воздуха. Роса, как правило, не образуется, но может быть туман адвективного характера, не рассеивающийся с восходом солнца.

Суточный ход ветра нарушается, скорость его увеличивается по мере приближения фронта независимо от времени суток. Утренняя и вечерняя зори красного цвета вследствие содержания в атмосфере большого количества водяного пара.

Ненастная погода наблюдается и при прохождении холодных фронтов, но в этом случае она не бывает продолжительной.

Признаком приближения холодного фронта, а вместе с ним ливневых кратковременных осадков, является резкое падение атмосферного давления, значительное увеличение скорости ветра, иногда до бури.

Так как холодный фронт движется быстро, то облачность перед его приближением меняется также очень быстро, причем часто можно наблюдать, что облака движутся в направлении, противоположном направлению ветра у земной поверхности. Обычно вначале появляются перисто-кучевые, быстро сменяющиеся высококучевыми облаками. Особенно характерны для холодного фронта высококучевые чечевицеобразные облака. Благодаря мощной конвекции воздуха непосредственно перед фронтом образуются свинцовые кучево-дождевые облака, из которых выпадают очень интенсивные, кратковременные осадки — ливневые. Иногда они сопровождаются грозой и выпадением града.

Благоприятные условия для возникновения гроз и образования града создаются при мощном вертикальном движении теплого и влажного воздуха. Кучево-дождевые облака в этом случае имеют значительное распространение по вертикали и заканчиваются белоснежной вершиной, вытянутой по направлению ветра. Скобу облака имеет вид «наковальни». Кроме того, перед грозой

создается ощущение духоты, вызванное сочетанием падения атмосферного давления, высокой температуры и влажности воздуха.

Если изменение облачности в указанном порядке происходило сравнительно медленно, то за полусой относительно слабых ливневых осадков наблюдается выпадение обложных осадков.

Приближение ненастной погоды по местным признакам при прохождении теплых фронтов можно предсказать за 12—20 часов; а при прохождении холодных — только за 6—8 часов.

После прохождения фронтов постепенно восстанавливается хорошая погода. О восстановлении хорошей погоды свидетельствуют следующие признаки: отмечается рост атмосферного давления, ветер стихает, суточный ход метеорологических элементов восстанавливается, в утренние часы появляются роса, туман, днем увеличиваются просветы голубого неба и небесный свод приобретает темно-синюю окраску.

Значительно быстрее восстанавливается хорошая погода за холодным фронтом.

**Признаки сохранения пасмурной погоды с осадками.** Ненастная погода с осадками может сохраняться несколько дней после прохождения теплого фронта (в теплых воздушных массах) и в циклонах. Основными признаками, по которым можно предвидеть сохранение ненастной погоды, служат продолжение падения давления при длительных, без заметного усиления или ослабления, осадках и слабо выраженный суточный ход температуры воздуха.

В это время наблюдается сплошная низкая облачность однородного серого цвета без резко выделяющихся «кубов» или «обрывков» и ветер не меняет своего направления. Например, зимой пасмурная погода с туманами и слабыми осадками может удерживаться очень долго при западных ветрах.

С изменением направления ветра погода быстро улучшается.

### § 33. Народные приметы о погоде

Некоторым дополнением к прогнозам погоды могут быть также народные приметы. Научное предсказание погоды ведется сравнительно недавно (около 100 лет), а потребность в предсказании погоды существовала с давних времен. В результате многовековых наблюдений за изменениями погоды было отмечено много примет, особенно моряками и земледельцами, жизнь которых во многом зависела от погоды. Для лучшего запоминания большинство народных примет представлены в форме пословиц и поговорок.

Несомненный интерес представляют приметы, составленные на основе наблюдений за физическими явлениями, происходящими в атмосфере (облачность, ветер, оптические явления и т. д.). Эти приметы совпадают с местными признаками погоды: «Если на траве роса, дождя в этот день не будет»; «Чистый закат солнца — к вёдру», «Если увидишь зеленый луч — ожидай на завтра хорошего дня», «Ветер с летнего востока (северо-восток) — зимой на

мороз, летом — к хорошей погоде», «Западный ветер — плаксуна», «Если ветер дул с одной стороны, а потом вдруг переменялся и стал дуть с другой стороны — скоро будет дождь» и многие другие.

Очень распространены приметы, основанные на поведении насекомых и птиц. «Если утром пчелы не летят в поле, а сидят ульям и гудят — жди дождя»; «Муравьи прячутся в гнезда — к грозе или сильному дождю».

Известны приметы и по состоянию растений: «Выюнок закрывает свой венчик перед дождем; цветы сильнее пахнут перед дождем; клевер сблизает свои листочки, наклоняется перед ненастьем».

Наряду с правильными народными приметами погоды встречаются и такие, в которых погода ставится в зависимость от событий и явлений, не имеющих никакого отношения к ней. Мало пользы для предсказания погоды дают так называемые календарные приметы.

Поэтому к народным приметам следует относиться критически. Для уточнения прогноза и предсказания погоды можно использовать приметы, в которых действительно отражен вековой опыт народа. В большинстве своем это приметы, основанные на наблюдениях за физическим состоянием атмосферы. Такие приметы следует накативать, проверять оправдываемость их в данной местности и использовать в практической работе.

## Глава XI. ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗАМОРОЗКОВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ОДНОМ ПУНКТЕ

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить методику составления прогноза заморозков по спобу Михалецкого и рассчитать ожидаемую минимальную температуру по данным наблюдений.
2. Изучить методику составления прогноза заморозков по спобу Чуковского и рассчитать ожидаемую минимальную температуру по данным наблюдений в 19 часов.

### § 34. Общие сведения по заморозкам

**Заморозки** — кратковременное понижение температуры ниже 0° в теплый период на уровне травостоя\*.

Различные сельскохозяйственные культуры повреждаются заморозками разной интенсивности. Неодинакова чувствительность к заморозкам одних и тех же культур в разные фазы развития их.

Температура, при которой наблюдается частичное повреждение или гибель растений, называется минимальной критической темпе-

\* Для плодовых и ягодных — на уровне кроны.



ратурой. В таблице 9 приложения приводятся минимальные критические температуры в основные фазы развития для некоторых сельскохозяйственных культур. Как видно из таблицы, минимальные критические температуры для различных сельскохозяйственных культур в разные фазы развития их изменяются в широких пределах. Одни растения выдерживают понижения температуры до  $-7$ ,  $-10^\circ$ , другие погибают при температуре  $-1-0^\circ$ . Поэтому для сельскохозяйственного производства необходимо знать не только понижение температуры ниже  $0^\circ$ , но и предел, до которого она может понижаться. Например, понижение температуры до  $-2^\circ$  не опасно для исходов ячменя, овса, которые повреждаются только при температуре  $-8$ ,  $-9^\circ$ , но опасно для всходов картофеля, огурцов и других культур.

В результате весенних, осенних, а в некоторых местах и летних заморозков почти ежегодно отмечаются снижения урожая тех или иных культур. Мероприятия по борьбе с заморозками (дымление, открытый обогрев, полив, районирование морозостойчивых сортов и др.) позволяют значительно уменьшить, а в ряде случаев свести на нет вредное действие заморозков и тем самым сохранить урожай сельскохозяйственных культур.

Для своевременной и успешной борьбы с заморозками необходимо знать заранее время наступления и интенсивность их, чтобы иметь возможность подготовиться к защите растений, для которых ожидаемые заморозки будут опасными.

**Адвективные заморозки**, развитие которых связано с вторжением холодных воздушных масс, с достаточной точностью предсказываются по синоптическим картам.

Значительно труднее предсказать по синоптическим картам **радиационные** и **адвективно-радиационные** заморозки, так как распределение и интенсивность их находится в большей зависимости от характера подстилающей поверхности. Причиной возникновения радиационных, а в конечном счете и адвективно-радиационных заморозков является ночное излучение почвы и растительного покрова. Поэтому такие заморозки чаще наблюдаются и имеют большую интенсивность в пониженных местах, на лесных полянах и реке — на возвышенностях, склонах, побережьях водоемов и т. д. По синоптическим картам представляется возможность указать только районы, в которых возможны радиационные и адвективно-радиационные заморозки.

Известно, что радиационные и адвективно-радиационные заморозки наиболее опасны для сельского хозяйства, так как наблюдаются они довольно поздно весной и рано осенью, в период вегетации культур, малостойчивых к заморозкам. Поэтому разработано очень много способов предсказания этих заморозков по на статистическим способом предсказания, в основу которых положены связи между дневными и ночными температурами, и эмпирические правила.

Из статистических и эмпирических способов для предсказания заморозков чаще всего применяется способ Михалевского.

В последнее время много внимания уделяется физическому способу предсказания заморозков. На основе изучения физического процесса выхода влаги из почвы и приземного слоя воздуха разработаны довольно совершенные способы предсказания заморозков с учетом теплового баланса на границе земли — воздух и изменение коэффициента обмена с высотой. Из теоретических способов предсказания заморозков наиболее перспективны способы А. Ф. Чудновского и М. Е. Берглянда. Ниже излагается способ А. Ф. Чудновского, так как для расчета ожидаемой минимальной температуры по способу М. Е. Берглянда необходимы довольно сложные расчеты с учетом большого объема данных наблюдений\*.

В ночи, когда ожидаются заморозки, желательно вести непрерывные наблюдения за температурой, влажностью воздуха, облачностью и ветром. Такие наблюдения позволяют своевременно принять необходимые меры по защите растений от заморозков. Для наблюдений могут быть использованы сигнализаторы заморозков. Сигнализатор заморозков. Таким прибором является термомограф с конструктивными изменениями В. И. Виткевича. На ленту термомографа по линии заданной температуры (например  $2^\circ$ ) наклеивают полоску из станиоля или наносят слой электропроводящей краски. Затем термомограф подключают к источнику питания. При этом один полюс источника тока включают на корпус прибора или перо самописца, а другой — на электропроводящую полоску. Как только перо самописца дойдет до заданной температуры, появляется сигнал. Термомограф может быть установлен среди растений, а сигнализаторы — в помещении.

### § 35. Предсказание заморозков по способу Михалевского

Для предсказания заморозков этим способом нужно иметь в хозяйствах психрометры для измерения температуры и влажности воздуха. Ночной минимум температуры воздуха и почвы по способу Михалевского определяется по наблюдениям температуры и влажности воздуха в 13 часов по среднему местному времени.

Ожидаемую минимальную температуру воздуха вычисляют по формуле:

$$t_{\text{мин}} = t_1 - (t - t_1) c, \quad (25)$$

а ожидаемую минимальную температуру почвы — по формуле:

$$t_{\text{мин}} = t_1 - (t - t_1) 2c, \quad (26)$$

где  $t_{\text{мин}}$  — ожидаемая минимальная температура воздуха или почвы ночью;

$t$  — температура по «сухому» термометру в 13 час.;

\* Берглянд М. Е., Красников П. Н. Предсказание заморозков и борьба с ними. Гидрометеонадат, Л., 1960.

$t_1$  — температура по «смоченному» термометру в 13 час.;  
 $c$  — коэффициент, зависящий от влажности воздуха, определяется по таблице (см. табл. 20).

Таблица 20  
 Значение коэффициента  $c$  в зависимости от влажности воздуха

| Относительная влажность $\Gamma$ , % | 100 | 95  | 90  | 85  | 80  | 75  | 70  | 65  | 60  | 55  | 50  | 45  | 40  | 35  | 30  | 25  | 20  | 15  |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Коэффициент $c$                      | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |

Предварительный прогноз о возможности заморозков в предстоящую ночь составляют в 13 часов. Если вычисленные значения минимальной температуры воздуха и почвы больше  $2^\circ$ , то заморозок маловероятен, если меньше  $2^\circ$ , но больше  $-2^\circ$ , то заморозок вероятен, и если минимальная температура меньше  $-2^\circ$ , то ночью будет заморозок.

Прогноз заморозков, полученный днем, уточняют по облачности после 19 часов. Если после 19 часов облачность меньше 4 баллов, то ожидаемый ночной минимум температуры уменьшается на  $2^\circ$ . При облачности от 4 до 7 баллов к полученной минимальной температуре поправок не вводят. При сплошной облачности ожидаемый минимум температуры увеличивают на  $2^\circ$ .

Пример. Температура воздуха в 13 часов по «сухому» термометру  $(t)$   $5,4^\circ$ , по «смоченному» термометру  $(t_1)$   $3,0^\circ$ , относительная влажность воздуха 65%. После 19 часов было ясно.

Из таблицы 20 по величине относительной влажности находим значение  $c$ , оно равно 1,6.

Ожидаемый ночной минимум температуры воздуха вычисляем по формуле (25):

$$t_{\min} = 3,0 - (5,4 - 3,0) \cdot 1,6 = -0,8^\circ,$$

а ожидаемый ночной минимум температуры почвы по формуле (26):

$$t_{\min} = 3,0 - (5,4 - 3,0) \cdot 2 \cdot 1,6 = -4,7^\circ.$$

Так как после 19 часов было ясно, то полученные значения следует уменьшить на  $2^\circ$ . Получим  $t_{\min}$  воздуха  $-2,8^\circ$ , а  $t_{\min}$  почвы  $-6,7^\circ$ . Таким образом, в предстоящую ночь будут заморозки и в воздухе, и на почве.

### § 36. Предсказание заморозков по способу Чудновского

Этот способ основан на учете радиационного баланса и турбулентного обмена. Для расчета ожидаемой ночной температуры Чудновским предложены две формулы: одна для расчета заморозков по наблюдением в 19 часов, вторая — по наблюдением в момент захода солнца.



Рис. 72. Номограмма для определения радиационного баланса.

Ожидаемый ночной минимум температуры воздуха по наблюдением в 19 часов определяется по формуле:

$$t_{\min} = t - B_1 (K_1 + L_1 + M_1 + N_1), \quad (27)$$

где  $t_{\min}$  — ожидаемый ночной минимум температуры воздуха;  
 $t$  — температура воздуха в 19 часов;

$B_1$  — радиационный баланс;

$K, L, M, N$  — коэффициенты, зависящие от широты и времени года (значения  $K, L, M, N$  определяют по табл. 21);

$\gamma_1, \delta_1, \gamma_2, \delta_2$  — коэффициенты, зависящие от турбулентного обмена и состояния поверхности почвы. Эти коэффициенты определяются по данным наблюдений скорости ветра и состояния поверхности почвы в 19 часов (табл. 22).

Из величин, входящих в формулу (27), значительную трудность представляет измерение радиационного баланса. Поэтому А. Ф. Чудновский предложил вычислять радиационный баланс по измеренным облачности, температуры и влажности воздуха.

Для определения радиационного баланса ( $B$ ) при ясном небе (в момент наблюдения в 19 часов) пользуются номограммой, состоящей из трех шкал (рис. 72). Верхняя шкала соответствует абсолютной влажности воздуха (в мб), нижняя шкала — температуре воздуха, а средняя — радиационному балансу при ясном небе (в кал/см<sup>2</sup>мин). Чтобы определить радиационный баланс ( $B$ ), необходимо соединить линейкой точки, соответствующие значениям абсолютной влажности (в мб) и температуре воздуха в 19 часов. На пересечении линейки со средней шкалой находят радиационный баланс ( $B$ ) при ясном небе.



Значение коэффициентов  $K, L, M, N$ 

| Месяц    | Коэф-<br>фи-<br>циенты | Широта |      |      |      |      |      |      |
|----------|------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|
|          |                        | 42°    | 46°  | 50°  | 54°  | 58°  | 62°  | 66°  |
| Март     | K                      | -0,3   | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,1 |
|          | L                      | 6,0    | 5,6  | 5,4  | 4,8  | 4,2  | 3,5  | 2,3  |
|          | M                      | 0,0    | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
|          | N                      | 0,6    | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,4  |
| Апрель   | K                      | -0,3   | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
|          | L                      | 6,8    | 6,3  | 5,8  | 5,6  | 5,3  | 5,0  | 5,0  |
|          | M                      | 0,0    | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,1  |
|          | N                      | -0,4   | -0,6 | 0,0  | -0,6 | -0,9 | -0,7 | -0,9 |
| Май      | K                      | -0,3   | -0,3 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
|          | L                      | 6,7    | 6,5  | 5,9  | 5,4  | 4,9  | 4,7  | 4,1  |
|          | M                      | 0,1    | 0,1  | 0,1  | -0,1 | -0,1 | -0,1 | 0,0  |
|          | N                      | -0,9   | -1,1 | -1,1 | -0,9 | -0,9 | -0,8 | -0,5 |
| Июнь     | K                      | -0,3   | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,1 |
|          | L                      | 6,9    | 6,4  | 5,8  | 5,4  | 5,2  | 3,8  | 1,8  |
|          | M                      | 0,1    | 0,1  | 0,1  | -0,1 | 0,1  | -0,1 | 0,0  |
|          | N                      | -1,1   | -1,2 | -1,1 | -1,0 | -0,7 | -0,4 | 0,0  |
| Июль     | K                      | -0,3   | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
|          | L                      | 6,8    | 6,1  | 5,5  | 4,8  | 4,4  | 4,0  | 2,9  |
|          | M                      | 0,1    | 0,1  | 0,1  | -0,1 | 0,1  | -0,1 | 0,1  |
|          | N                      | -1,1   | -1,1 | -1,1 | -0,9 | -0,7 | -0,5 | -0,2 |
| Август   | K                      | -0,3   | -0,1 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
|          | L                      | 6,4    | 5,8  | 5,5  | 5,3  | 5,1  | 4,9  | 4,5  |
|          | M                      | 0,1    | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,0  | 0,1  |
|          | N                      | -0,7   | -0,8 | -0,9 | -0,9 | -0,9 | -0,8 | -0,8 |
| Сентябрь | K                      | -0,6   | -0,5 | -0,5 | -0,4 | -0,4 | -0,3 | —    |
|          | L                      | 5,3    | 5,1  | 4,9  | 4,8  | 4,5  | 4,2  | 4,0  |
|          | M                      | 0,2    | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | —    |
|          | N                      | -0,2   | 0,1  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | -0,1 | —    |
| Октябрь  | K                      | -0,9   | -0,9 | -0,8 | -0,8 | -0,7 | -0,6 | —    |
|          | L                      | 4,5    | 4,2  | 3,8  | 3,3  | 2,8  | 2,3  | —    |
|          | M                      | 0,1    | 0,1  | 0,0  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | —    |
|          | N                      | 1,1    | 1,1  | 1,1  | 0,1  | 1,1  | 1,0  | —    |

Таблица 22  
Значения коэффициентов  $\gamma_1, \delta_1, \gamma_2, \delta_2$  в зависимости от влажности почвы и скорости ветра по флюгеру

| Скорость ветра по флюгеру в м/сек |             |      |      |      |      |      |      |      |     |     |  |
|-----------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|--|
| Состояние почвы                   | Коэф-циенты | 0    | 1    | 2    | 3    | 5    | 7    | 10   | 15  | 20  |  |
|                                   |             |      |      |      |      |      |      |      |     |     |  |
| Сухая                             | $\gamma_1$  | 10,6 | 15,2 | 15,6 | 15,1 | 13,5 | 12,5 | 10,7 | 8,9 | 7,3 |  |
|                                   | $\delta_1$  | 22,8 | 19,4 | 15,0 | 13,4 | 9,5  | 7,3  | 5,6  | 4,0 | 3,0 |  |
|                                   | $\gamma_2$  | 4,7  | 8,8  | 9,9  | 9,8  | 9,4  | 9,0  | 8,2  | 7,0 | 6,0 |  |
|                                   | $\delta_2$  | 14,4 | 13,6 | 12,0 | 10,5 | 8,0  | 6,4  | 5,0  | 3,0 | 2,8 |  |
| Слабо увлажнен-<br>ная            | $\gamma_1$  | 8,0  | 11,8 | 12,4 | 12,2 | 11,3 | 10,5 | 9,5  | 7,9 | 6,8 |  |
|                                   | $\delta_1$  | 17,7 | 15,6 | 13,7 | 12,0 | 9,3  | 7,4  | 5,6  | 3,8 | 2,9 |  |
|                                   | $\gamma_2$  | 3,5  | 6,9  | 7,7  | 7,8  | 7,6  | 7,4  | 7,0  | 6,2 | 5,4 |  |
|                                   | $\delta_2$  | 11,3 | 11,1 | 10,0 | 9,0  | 7,5  | 6,3  | 4,9  | 3,4 | 2,8 |  |
| Хорошо увлажнен-<br>ная           | $\gamma_1$  | 5,8  | 8,6  | 9,2  | 9,2  | 8,9  | 8,5  | 7,9  | 6,9 | 6,0 |  |
|                                   | $\delta_1$  | 12,9 | 12,0 | 10,8 | 9,8  | 8,2  | 6,9  | 5,3  | 3,8 | 3,0 |  |
|                                   | $\gamma_2$  | 2,5  | 4,7  | 5,6  | 5,8  | 5,9  | 5,8  | 5,6  | 5,2 | 4,6 |  |
|                                   | $\delta_2$  | 8,2  | 8,3  | 7,7  | 7,2  | 6,2  | 5,5  | 4,5  | 3,5 | 2,8 |  |
| Сильно увлажнен-<br>ная           | $\gamma_1$  | 4,5  | 6,6  | 7,2  | 7,3  | 7,2  | 7,0  | 6,7  | 6,0 | 5,4 |  |
|                                   | $\delta_1$  | 10,2 | 9,8  | 8,9  | 8,0  | 7,1  | 6,2  | 5,0  | 3,8 | 3,0 |  |
|                                   | $\gamma_2$  | 2,0  | 3,8  | 4,4  | 4,6  | 4,7  | 4,7  | 4,6  | 4,4 | 4,0 |  |
|                                   | $\delta_2$  | 6,4  | 6,6  | 6,3  | 5,9  | 5,2  | 4,8  | 4,0  | 3,2 | 2,6 |  |
| Избыточно увлажнен-<br>ная        | $\gamma_1$  | 3,6  | 5,3  | 5,8  | 6,0  | 6,0  | 5,9  | 5,7  | 5,3 | 4,8 |  |
|                                   | $\delta_1$  | 8,2  | 8,1  | 7,4  | 6,8  | 6,1  | 5,4  | 4,6  | 3,6 | 2,9 |  |
|                                   | $\gamma_2$  | 1,6  | 3,0  | 3,5  | 3,7  | 3,8  | 3,9  | 3,9  | 3,8 | 3,6 |  |
|                                   | $\delta_2$  | 5,2  | 5,4  | 5,2  | 5,0  | 4,6  | 4,2  | 4,2  | 3,6 | 2,5 |  |

Если в 19 часов наблюдалась облачность, то радиационный баланс при облачном небе вычислял по формуле:

$$B_1 = B(1 - \kappa_1 n_1 - \kappa_2 n_2 - \kappa_3 \delta_2) \quad (28)$$

где  $B_1$  — радиационный баланс при облачном небе;

$B$  — радиационный баланс, найденный по номограмме для ясного неба (рис. 72);

$n_1, n_2, n_3$  — количество облаков, соответственно верхнего, среднего и нижнего ярусов в момент наблюдений;

$\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$  — коэффициенты, характеризующие задерживание излучения облаками тех же ярусов ( $\kappa_1 = 0,02$ ;  $\kappa_2 = 0,05$ ;  $\kappa_3 = 0,08 - 0,09$ ).

Таким образом, чтобы определить методом Чулковского ожидаемый ночной минимум температуры воздуха, необходимо иметь

## АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

для пункта, широта которого известна, данные по температуре и влажности воздуха, скорости ветра и облачности, а также состоянию поверхности почвы в 19 часов. Для большей точности желательно проводить наблюдения в трехкратной повторяемости (18, 19, 20 часов) и для расчета ожидаемой минимальной температуры использовать среднее из трех значений.

Если рассчитанная ожидаемая минимальная температура равна  $1,5^{\circ}$ , то заморозок в воздухе возможен, а если  $-1^{\circ}$  и меньше, то заморозок неизбежен. По способу Чудновского определяется ожидаемая минимальная температура воздуха на высоте 2 м. На поверхности почвы температура ниже, чем на высоте 2 м в воздухе. Разница между температурой воздуха на высоте 2 м и на поверхности почвы и ночь с заморозками весной может быть от  $1,5$  до  $4-5^{\circ}$ , а осенью — от  $0,5-0^{\circ}$  до  $4-4,5^{\circ}$ .

Пример. В 19 часов 2 апреля на фоне хорошо увлажненной почвы температура воздуха была  $2,2^{\circ}$ , абсолютная влажность воздуха  $5,5$  мг. Облака нижнего яруса, 10 баллов. Ветры не было (0 м/сек). Метеостанция расположена на широте  $48^{\circ}35'$ .

Ожидаемую минимальную температуру рассчитываем по формуле (27). Вначале определяем коэффициенты, входящие в формулу, и радиационный баланс.

1. Коэффициенты  $K, L, M, N$  определяем по таблице 21. Для широты  $48^{\circ}35'$  в апреле  $K = -0,2, L = 6,0, M = 0,0, N = -0,3$ .

2. Коэффициенты  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$  находим по таблице 22 по состоянию поверхности почвы и скорости ветра. Для хорошо увлажненной почвы и скорости ветра 0 м/сек  $\gamma_1 = 5,8; \gamma_2 = 12,9; \gamma_3 = 2,5; \gamma_4 = 8,2$ .

3. Определяем величину радиационного баланса при ясном небе ( $B$ ) по номограмме (рис. 72). Для температуры  $2,2^{\circ}$  и абсолютной влажности  $5,5$  мг  $B = 0,145$  кал/см<sup>2</sup>мин.

4. По формуле (28) вычисляем радиационный баланс при облачном небе. Так как в 19 часов были отмечены только облака нижнего яруса, то  $k_1\gamma_1 = 0, k_2\gamma_2 = 0,08 \times 10 = 0,8$ .

Подставляя вычисленные значения в формулу (26), получим:

$$B_1 = 0,145 (1 - 0,8) = 0,03 \text{ кал/см}^2 \text{ мин.}$$

Теперь известны все величины, входящие в формулу (27).

5. По формуле (27) вычисляем ожидаемую минимальную температуру ( $t_{\text{мин}}$ ):

$$t_{\text{мин}} = 2,2 - 0,03 (-0,2 - 5,8 + 6,0 - 12,9 - 0,3 \cdot 8,2) = 0^{\circ}.$$

Вычисленная ожидаемая температура воздуха меньше  $1^{\circ}$ . Следовательно, в воздухе и на почве будет заморозок.

Для того чтобы выбрать тот или иной метод расчета ожидаемой минимальной температуры, следует имеющиеся методы предсказания заморозков проверить в данной местности.

Например, для Донбасса хорошие результаты дает способ Михалевского, причем для Донбасса можно считать, что, если расчетная температура по способу Михалевского выше  $0^{\circ}$ , заморозка не будет, если ниже  $0^{\circ}$ , заморозок будет.

Одним из важных видов агрометеорологического обслуживания являются долгосрочные агрометеорологические прогнозы.

В настоящее время составляются агрометеорологические прогнозы ожидаемых запасов продуктивной влаги в почве, прогнозы сроков сева, сроков наступления тех или иных фаз развития растений при сложившихся агрометеорологических условиях текущего года, прогнозы ожидаемой урожайности сельскохозяйственных культур и др.

При наличии соответствующих прогнозов представляется возможность полнее использовать благоприятные агрометеорологические условия и своевременно подготовиться к защите растений от неблагоприятных явлений. Кроме того, агрометеорологические прогнозы сроков созревания хлебов и их урожайности дают возможность заблаговременно подготовиться и своевременно убрать урожай, обеспечить перевозку и хранение его.

Исходными данными для составления агрометеорологических прогнозов являются фактические наблюдения за метеорологическими элементами и состоянием сельскохозяйственных культур. При составлении агрометеорологических прогнозов используются также долгосрочные прогнозы погоды и данные агрометеорологических справочников.

Методы агрометеорологических прогнозов основаны преимущественно на установлении статистических зависимостей прогнозизируемой величины от агрометеорологических условий. Причем из всего комплекса агрометеорологических условий выбираются такие показатели, которые определяют настоящее положение и оканчивают наибольшее влияние на будущее.

Как показали длительные наблюдения, большинство агрометеорологических прогнозов имеют достаточно высокую оправданность.

Некоторые агрометеорологические прогнозы могут быть составлены по наблюдениям в колхозах и совхозах специалистами сельского хозяйства.

Ниже излагаются методы составления агрометеорологических прогнозов, имеющих большое практическое значение для сельскохозяйственного производства \*.

\* Методы составления других агрометеорологических прогнозов см. «Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов», 1962, а также книгу Е. С. Улановой «Методы агрометеорологических прогнозов», 1959.



## Глава XII. ПРОГНОЗЫ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В МЕТРОВОМ СЛОЕ ПОЧВЫ К НАЧАЛУ ВЕСНЫ

### ЗАДАНИЕ

1. Изучить методику и составить прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ по данным осенних запасов продуктивной влаги и осадков осенне-зимнего периода.

2. Дать оценку условий увлажнения почвы в текущем году по сравнению с оптимальными и многолетними запасами продуктивной влаги в почве для данной местности.

### § 37. Общие сведения о влажности почвы

Запасы продуктивной влаги в почве являются одним из важнейших агрометеорологических показателей роста и развития сельскохозяйственных культур.

Поступление воды в растение происходит преимущественно через корневую систему. Поэтому почва является основным источником влаги для растений.

Пробы почвы для определения влажности берут специальными бурами отгеляно для каждого исследуемого слоя (через 10 см).

Влажность почвы определяется в процентах по отношению к навеске сухой почвы:

$$V = \frac{a-b}{b} \cdot 100, \quad (29)$$

где  $V$  — влажность почвы в процентах;

$a$  — вес взятой пробы почвы;

$b$  — вес пробы почвы после высушивания.

Уменьшение влажности почвы сопровождается недостаточным поступлением влаги в растения, а при определенных условиях — увяданием их.

Влажность почвы при которой наблюдается завядание растений, называется влажностью завядания.

Влажность завядания зависит от физических свойств почвы. Для песчаных почв она колеблется в пределах от 0,5 до 2%, для тяжелых суглинистых почв достигает 20%, а для болотных почв — 50%.

Влага, находящаяся в почве сверх коэффициента завядания, называется продуктивной влагой.

Эта влага усваивается растениями в процессе их роста и развития. Поэтому при оценке запасов влаги в почве как ресурсов создания урожая следует учитывать лишь продуктивную влагу.

Запасы продуктивной влаги в почве выражают толщиной слоя

воды в миллиметрах, как и атмосферные осадки, и определяют по формуле:

$$W = 0,1ah(V - K), \quad (30)$$

где  $W$  — запасы продуктивной влаги в мм;

$a$  — объемный вес почвы в г/см<sup>3</sup>;

$h$  — толщина слоя почвы в см;

$V$  — влажность почвы в %;

$K$  — коэффициент завядания в %.

Обычно запасы продуктивной влаги в почве измеряют по слою: для слоя 0—10 см, 10—20 см, 20—30 см и т. д. Суммирование полученных данных по запасам продуктивной влаги в почве для отдельных слоев можно рассчитать запасы продуктивной влаги для слоев любой толщины, например для слоя 0—50 см, 0—100 см и др.

Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальные запасы продуктивной влаги в почве соответствуют наименьшей влагоемкости\*. Наименьшая влагоемкость для суглинистых почв в слое 0—100 см равна 170—180 мм, для суглинистых — 150—160 мм и для песчаных — 80—120 мм.

К концу лета запасы продуктивной влаги в почве сильно уменьшаются, особенно в засушливых районах, где летние осадки не компенсируют расход влаги на испарение.

В течение осени запасы влаги в почве в большинстве районов СССР значительно увеличиваются. Однако на юге и юго-востоке Украины, в Нижнем Поволжье, в ряде районов Ростовской и Оренбургской областей запасы продуктивной влаги в почве и осенью остаются ниже наименьшей влагоемкости.

В этих районах страны очень важное значение для сельскохозяйственного производства имеют накопление влаги за зимний период и поступление в почву талых вод весной.

В результате накопления влаги за зимний период и поступления талых вод весной в районах с хорошим увлажнением почвы осенью запасы продуктивной влаги к началу весны близки к наименьшей полевой влагоемкости и даже превышают ее. В степных районах страны запасы продуктивной влаги в почве, как правило, бывают ниже наименьшей полевой влагоемкости и составляют по средним многолетним данным только 100—120 мм. Причем в связи с неустойчивостью условий увлажнения зимних месяцев в этих районах запасы продуктивной влаги в отдельные годы значительно отличаются от многолетних средних величин. Поэтому для степных районов важно знать заранее, какие запасы продуктивной влаги в почве могут быть к началу полевых работ в текущем году, то есть для этих районов необходимо составлять прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу весны.

\* Наименьшей полевой, или предельной, влагоемкостью называется количество воды, которое почва способна удерживать в условиях глубокого стояния грунтовых вод.

### § 38. Прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу весны

Прогнозы запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны позволяют судить о степени влагообеспеченности посевов и своевременно вносить коррективы в план весеннего сева, так как от весеннего увлажнения почвы зависят размещение сельскохозяйственных культур по территории, нормы высева и глубина заделки семян, а также проведение необходимых агротехнических мероприятий.

**Методика составления прогноза.** Прогноз запасов продуктивной влаги почвы к началу полевых работ составляют на основании данных наблюдений за влажностью почвы осенью и за осадками в зимний период.

Для определения ожидаемых запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ в настоящее время пользуются двумя методами, разработанными Процевым и Разумовой.

Ниже излагается метод Л. А. Разумовой, который основан на статистической зависимости изменения запасов продуктивной влаги в почве к началу весны от недостатка насыщения почвы влагой осенью и количества осадков за зимний период.

Для районов с глубоким залеганием грунтовых вод и устойчивой зимой эта зависимость выражается уравнением:

$$y = 0,115x + 0,56h - 20. \quad (31)$$

Для районов с глубоким залеганием грунтовых вод и неустойчивой зимой уравнение имеет вид:

$$y = 0,21x + 0,62h - 33, \quad (32)$$

где  $y$  — изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (в мм) за период от последнего определения запасов влаги осенью до перехода температуры воздуха через  $+5^\circ$  весной;

$x$  — количество осадков за период от последнего определения влажности почвы осенью до перехода температуры воздуха через  $+5^\circ$  весной;

$h$  — недостаток насыщения почвы влагой до наименьшей влагоемкости осенью, т. е. разность между наименьшей влагоемкостью и фактическими запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы осенью.

Таким образом, чтобы составить прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ, необходимо знать запасы продуктивной влаги в почве осенью, количество осадков за осенне-зимний период и дату наступления весны.

Последнее определение влажности почвы осенью проводится в конце осени, во время перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^\circ$ .

За начало весны берется дата перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^\circ$ . К этому времени полностью оттаивает почва, возобновляется вегетация озимых и начинается сева ранних яровых культур.

Так как прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу весны составляются с примерно месячной заблаговременностью, то при их составлении, помимо данных наблюдений, необходимо использовать долгосрочный прогноз погоды. Но такому прогнозу погоды определяют дату перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^\circ$  и количество осадков за период от даты составления прогноза до даты перехода температуры воздуха через  $+5^\circ$ .

В случае необходимости ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве к началу полевых работ могут быть рассчитаны с еще большей заблаговременностью, сразу после последнего определения влажности почвы осенью. Для этого дату перехода температуры воздуха через  $+5^\circ$  и количество осадков за осенне-зимний период берут из агроклиматического справочника, причем прогнозы можно составить не только для среднего многолетнего количества осадков, но и для максимального и минимального количества осадков, выпадающих в данной местности.

Прогнозы запасов продуктивной влаги в почве в слое  $0-100$  см к началу полевых работ составляют отдельно для озимых и для явьи, при этом расчеты удобно вести по форме таблицы 23.

Таблица имеет три раздела: 1) исходные данные; 2) данные по прогнозу погоды; 3) данные, вычисленные в ходе составления прогноза, и конечные данные.

Перед составлением прогноза записывают соответственно пунктам, указанным в первом разделе, исходные данные, а затем в раздел второй — данные по долгосрочному прогнозу.

После этого вычисляют количество осадков за период от последнего определения влажности почвы осенью до перехода среднесуточной температуры через  $+5^\circ$  весной (п. 7), что выполнят суммированием фактически выпавших осадков (п. 4) и осадков, определенных по долгосрочному прогнозу, от момента составления прогноза до перехода среднесуточной температуры через  $+5^\circ$  (п. 6).

Затем определяют недостаток насыщения почвы осенью (п. 8). Он представляет собой разницу между наименьшей влагоемкостью (п. 3) и фактическими запасами влаги в почве осенью (п. 2).

Таким образом, получены все неизвестные, входящие в формулы (31) и (32).

В зависимости от характера зимы изменение запасов продуктивной влаги за зимний период под озимыми и под явбью рассчитывается по одной из этих формул. Полученные значения изменения запасов продуктивной влаги в почве ( $y$ ) заносит в таблицу в соответствующие колонки (п. 9).



Расчет ожидаемых запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны

| Наименование данных                                                                                                              | Зима  | Осень | Примечание |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|------------|
| <b>I. Исходные данные</b>                                                                                                        |       |       |            |
| 1. Последнее определение влажности почвы осенью . . . . .                                                                        | 28/XI | 28/XI |            |
| 2. Запасы влаги осенью (мм) . . . . .                                                                                            | 10    | 108   |            |
| 3. Наименьшая влагоспособность (мм) . . . . .                                                                                    | 180   | 180   |            |
| 4. Осадки за период от последнего определения влажности почвы до составления прогноза (мм) . . . . .                             | 126   | 126   |            |
| <b>II. Данные по прогнозу погоды</b>                                                                                             |       |       |            |
| 5. Переход среднесуточной температуры воздуха через +5° весной . . . . .                                                         | 10/IV | 10/IV |            |
| 6. Осадки за период от момента составления прогноза до перехода температуры через +5° весной (мм) . . . . .                      | 40    | 40    |            |
| <b>III. Вычислить данные</b>                                                                                                     |       |       |            |
| 7. Осадки за период от последнего определения влажности почвы осенью до перехода температуры через +5° весной (мм) (х) . . . . . | 166   | 166   |            |
| 8. Недостаток насыщения почвы влагой осенью (мм) (h) . . . . .                                                                   | 170   | 72    |            |
| 9. Изменение запасов влаги за осенне-зимне-весенний период (мм) (у) . . . . .                                                    | 107   | 46    |            |
| 10. Запасы влаги, ожидаемые весной (мм) . . . . .                                                                                | 117   | 154   |            |
| 11. Средние многолетние запасы влаги при переходе температуры через +5° весной (мм) . . . . .                                    | 127   | 148   |            |
| 12. Запасы продуктивной влаги весной в процентах от наименьшей влагоспособности . . . . .                                        | 65    | 85    |            |
| 13. То же, в процентах от многолетней средней величины . . . . .                                                                 | 92    | 104   |            |

Зная запасы продуктивной влаги в почве осенью и величины изменения их за зимний период, легко определить ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве к началу полевых работ (п. 10). Для этого необходимо сложить осенние запасы продуктивной влаги в почве (п. 2) с величинами изменения запасов продуктивной влаги в почве за зимний период (п. 9).

Для оценки условий увлажнения почвы в текущем году рассчитанные данные запасов продуктивной влаги в почве сравнивают с оптимальными условиями увлажнения почвы и с многолетними средними величинами. С этой целью рассчитанные запасы продуктивной влаги в почве к началу полевых работ выражают в процентах от наименьшей влагоспособности (п. 12) и от многолетних средних запасов продуктивной влаги в данной местности (п. 13). При вычислении за сто процентов берется в первом случае наи-

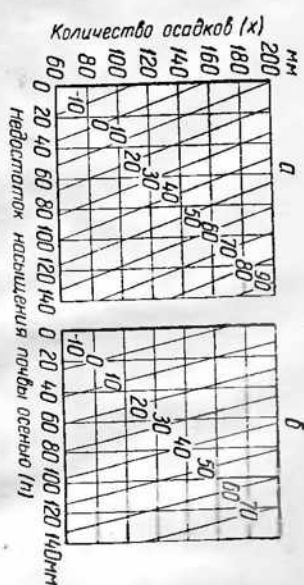


Рис. 73. Изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за осенне-зимний период (в мм): а — для районов с неустойчивой зимой; б — для районов с устойчивой зимой.

меньшая влагоспособность, во втором — средние многолетние запасы продуктивной влаги в почве во время перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°. Средние многолетние запасы продуктивной влаги в почве даются в агроклиматических справочниках.

Для ускорения расчетов величин изменения запасов продуктивной влаги за осенне-зимний период применяют графики (рис. 73), которые построены на основании формул (31) и (32) при различном сочетании недостатка насыщения и количества осадков: по оси абсцисс отложен недостаток насыщения (h), а по оси ординат — количество осадков (х). Наклонные линии на графиках соответствуют величинам изменения запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы от конца осени до начала весны (у). Эти линии проведены через 10 мм. Промежуточные значения определяются путем интерполяции.

Пример. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы 28 ноября 1962 г. по озимым по пару — 108 мм, под зябью — 10 мм (Луганск). Наименьшая влагоспособность для почвы на этих полях — 180 мм. Средние многолетние запасы продуктивной влаги на озимых по пару — 148 мм, а по зяби — 127 мм. Необходимо рассчитать ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве к началу полевых работ с месячной заблаговременностью.

Допустим, что прогноз запасов продуктивной влаги в почве к началу полевых работ составят 10 марта. Все расчеты приведены в таблице 23.

В первый раздел таблицы заносит исходные данные: дату определения влажности почвы, запасы продуктивной влаги, наименьшую влагоспособность и количество осадков за период с 28 ноября 1962 года по 10 марта 1963 года. За это время выпало 126 мм осадков.

Пользуясь долготочными прогнозом погоды, находят дату перехода среднесуточной температуры воздуха через +5° и ожидаемое количество осадков с 10 марта до даты перехода температуры воздуха через +5°. Переход среднесуточной температуры воздуха через +5° в текущем году ожидается 10 апреля, а количество осадков за период с 10 марта по 10 апреля равно 40 мм. Все это заносится во второй раздел таблицы.

Далее вычисляют общее количество осадков (х) за период с 28 ноября 1962 года по 10 апреля 1963 года:  $126 + 40 = 166$  мм, а также находят недостаток насыщения почвы влагой (h) под озимыми ( $180 - 108 = 72$  мм) и под зябью ( $180 - 10 = 170$  мм).

Так как в Луганске зима неустойчивая, то для определения величины изменения запасов продуктивной влаги в почве за осенне-зимний период пользуются формулой (32) или графиком (рис. 73, а).

Подставляя вычисленные данные по осадкам ( $x$ ) и недостатку насыщения ( $h$ ) в формулу (32), получают для озимых:

$$y = 0,21 \cdot 166 + 0,62 \cdot 72 - 33 = 46 \text{ мм};$$

$$y = 0,21 \cdot 166 + 0,62 \cdot 108 - 33 = 107 \text{ мм}.$$

Таким образом, запасы продуктивной влаги за зимний период 1962—1963 гг. в Луганске изменяются под озимыми на 46 мм, а под зерно — на 107 мм. Соответственно ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве на 10 апреля будут 154 и 117 мм.

Расчетные запасы продуктивной влаги в почве на 10 апреля 1963 г. в процентах от наименьшей влажности составляют под озимыми 85%, под зерно — 65%.

Выражая полученные данные по запасам продуктивной влаги в почве в процентах от средних многолетних запасов, получают для озимых 104% и для зерно 92%.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ожидаемые запасы продуктивной влаги в почве к началу апреля работ близки к многолетним средним величинам, но значительно меньше оптимальных.

### Глава XIII. ПРОГНОЗЫ СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ФАЗ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Для определения ожидаемых сроков наступления фаз развития сельскохозяйственных культур используются показатели, которые характеризуют зависимость развития растений от условий внешней среды. Многими исследователями установлено, что скорость развития растений и соответственно даты наступления фаз развития зависят в основном от температуры окружающей среды.

На основании анализа многолетних данных установлено, что развитие многих видов древесной растительности, а также зерновых и других культур умеренного климата начинается при температуре  $+5^\circ$ , а культур более теплолюбивых — при  $+10^\circ$ .

Поэтому для расчета сроков наступления тех или иных фаз развития применяется метод сумм эффективных температур. Эффективная температура представляет собой среднесуточную температуру, уменьшенную на начальную температуру роста, то есть на  $5^\circ$  для древесных и зерновых культур и на  $10^\circ$  для теплолюбивых. Например, среднесуточная температура воздуха  $12,6^\circ$ , эффективная температура выше  $5^\circ$  в этом случае будет  $7,6^\circ$ , а выше  $10^\circ$  —  $2,6^\circ$ .

Для прохождения той или иной фазы развития требуются определенные суммы эффективных температур. В результате этого продолжительность межфазных периодов в отдельные годы изменяется в зависимости от сложившихся термических условий. Если известна сумма эффективных температур, необходимая для прохождения данной фазы, то дату наступления этой фазы можно определить путем суммирования ежедневной эффективной температуры.

#### ЗАДАНИЕ

1. Изучить методику составления прогнозов сроков наступления фаз развития сельскохозяйственных культур.
2. Составить прогнозы начала цветения яблони и дать анализ агрометеорологических условий в это время.
3. Составить прогнозы сроков наступления восковой и полной спелости озимой пшеницы, яровой пшеницы, ячменя, овса и дать анализ агрометеорологических условий в период уборочных работ.
4. Составить прогноз сроков наступления фаз выметывания кукурузы и молочной спелости кукурузы.

### § 39. Прогноз сроков цветения плодовых культур

Даты начала цветения плодовых культур в отдельные годы значительно отклоняются от многолетней средней. Разница в крайних сроках цветения садов может достигать 30 дней. Например, в Луганске при средней многолетней дате начала цветения садов 6 мая в теплую весну сады зацветают во второй декаде апреля, а в холодную — во второй декаде мая. В связи с этим для практических целей очень важно знать дату начала цветения садов при сложившихся агрометеорологических условиях текущего года.

В период цветения садов довольно часто наблюдаются заморозки. Поэтому заготавливаемые сведения о сроках цветения садов позволяют подготовиться к защите их от действия заморозков и тем самым сохранить урожай плодов. Прогнозы дат цветения садов необходимы также для проведения работ по уходу за садами. Применение ядохимикатов для борьбы с вредителями должно быть прекращено до начала цветения и может быть продолжено только после окончания цветения садов.

**Методика составления прогноза.** Агрометеорологический прогноз сроков начала и конца цветения плодовых составляется по методу, предложенному А. А. Шитовым. Им были вычислены суммы эффективных температур, необходимые для наступления фазы цветения (начала, конца) ряда плодовых культур (табл. 24). Датой начала или конца цветения плодовых культур является следующий день после накопления определенной суммы эффективных температур.

Суммы эффективных температур для районов с устойчивой зимой подсчитывают с момента устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^\circ$ , а для районов с неустойчивой зимой суммирование производят с первого января, причем в случае похолодания накопившуюся сумму эффективных температур до похолодания учитывают при дальнейшем подсчете после похолодания. Например, среднесуточная температура воздуха в феврале была выше  $5^\circ$ , а в марте снизилась и вновь стала выше  $5^\circ$  только 10 марта. При подсчете суммы эффективных тем-



Сумма эффективных температур (выше 5°) от начала вегетации до начала цветения плодовых культур

| Культура и сорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Сумма температур (в °)     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Абрикос:<br>Краснощекий и сорта, зацветающие одновременно с ним<br>Ранозацветающие сорта груши:<br>Уссурийская дикая, Любимец . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 88<br>125 ± 10<br>125 ± 10 |
| Сливы:<br>Уссурийская, Коже Пар . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 125 ± 10                   |
| Яблони:<br>Антоновка, Боровинка, Яблони палии, Налив желтый, Анис омакский, Анис алый, Сибирская желтоплодная, Сибирская яблонькоплодная, Сибирская крупноплодная, Сибирская дикая, Аркад зимний, Апорт, Яблонино, Кальвиль анисовый, Коричное пологое, Памирская, Пенни литовский, Пенни-китайка, Пенни шафранский, Сулейпер, Штрейфлинг, Бельфлер-китайка, Бельфлер красный, Кандиль-китайка, Бессемика мичуринская, Ренет Симиренко . . . . . | 185 ± 10<br>125 ± 10       |
| От начала до окончания цветения у большинства сортов яблонь . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 125 ± 10                   |

ператур в этом случае надо учитывать и эффективную температуру февраля.

Вначале сумму эффективных температур можно подсчитывать по декадам, когда она будет близка к константе, — то дням.

При составлении прогноза с большой заблаговременностью для определения даты цветения садов пользуются формулой:

$$n = \frac{\sum t > 5^\circ}{T - 5^\circ}, \quad (33)$$

где  $n$  — продолжительность периода от даты перехода средней суточной температуры воздуха через +5° до начала цветения;

$\sum t > 5^\circ$  — сумма эффективных температур, необходимая для наступления фазы цветения, константа (берется из табл. 24);

$T$  — средняя температура воздуха за прогнозируемый период.

Если подсчет проводится не с начала вегетации, а с какого-либо другого периода, когда уже некоторая сумма эффективных температур накопилась, то вычисления ведут по формуле:

$$n = \frac{\sum t > 5^\circ - \sum t' > 5^\circ}{T - 5^\circ}, \quad (34)$$

где  $n$  — продолжительность периода с момента составления прогноза до начала цветения;

$\sum t' > 5^\circ$  — сумма эффективных температур, накопившаяся до даты составления прогноза.

При составлении прогнозов сроков цветения плодовых культур с большой заблаговременностью приходится пользоваться наряду с текущими метеорологическими наблюдениями долгосрочными прогнозами погоды и многолетними средними данными из климатологических и агроклиматических справочников.

Если сады расположены на территории с неровным рельефом, то прогнозы необходимо составлять отдельно для ровного места, низин и склонов, так как в результате различия температуры в этих местах сады зацветут в разное время. Для этого необходимо иметь данные одновременных наблюдений за температурой воздуха в местах с разным рельефом. При этом достаточно наблюдения проводить по психрометру в 13 часов. Сопоставляя данные наблюдений в садах с данными метеостанции, можно установить, на каких участках сада теплее, на каких холоднее и на сколько.

Для этой цели можно также использовать фенологические наблюдения за началом цветения садов на разных формах рельефа. Например, сад, расположенный на равнине, зацветает ежегодно на 5—6 дней раньше, чем на северном склоне. Пользуясь этими сведениями и рассчитав сроки цветения садов на равнине, для которых есть данные по температуре воздуха, можно указать сроки цветения плодовых культур на северном склоне.

После того как выислены даты начала цветения садов, необходимо определить погодные условия в период цветения. Для этого используют данные долгосрочного прогноза и агроклиматический справочник. Из справочника выписывают данные о вероятности заморозков.

Если в период цветения садов по прогнозу заморозков нет, а вероятность их в это время была, то надо быть готовыми к защите растений.

Так как сады могут быть расположены на разных участках рельефа, то и заморозки могут быть разной интенсивности. В агроклиматических справочниках даны вероятности заморозков для равнин. Поэтому для садов, расположенных на других формах рельефа, необходимо вносить поправки как на вероятность развития заморозков, так и на интенсивность их.

В таблицах 25 и 26 приведены соответствующие поправки для разных форм рельефа. Указанные поправки применимы при радиационных заморозках. Например, в период цветения садов на равнине ожидаются заморозки до —1°. Учитывая поправку на рельеф, из таблицы 26 получаем, что заморозки в этом случае совсем не будут на склонах, а в долинах и котловинах будут интенсивнее (—3, —5°), и сады, расположенные там, пострадают от них.

Или допустим, что вероятность заморозков в период цветения садов составляет в равнинной местности 20%. По таблице 25 получаем для котловинной вероятности заморозков 60%, а на вершинах и побережьях в этот период заморозков вообще не ожидается. Следовательно, к защите от заморозков необходимо тщательно относиться в садах, расположенных в низинах, котловинах, долинах.

Вероятность наступления заморозков в зависимости от местоположения (по И. А. Гольдберг)

| Местоположение                         | Вероятность заморозка (в %) | Изменение интенсивности заморозка (в %)         |
|----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Вершины . . . . .                      | -30                         | Около +2                                        |
| Долины в холмистой местности . . . . . | +20                         | Долины в холмистой местности . . . . . -1,5, -2 |
| Долины в горах . . . . .               | +30                         | Долины в горах . . . . . -4, -5                 |
| Полонины . . . . .                     | +40                         | Полонины . . . . . Около -2                     |
| Побережья . . . . .                    | +35                         | Острова и побережья . . . . . +2, +3            |
| Города . . . . .                       | -20                         | Города . . . . .                                |

Изменение интенсивности весенних заморозков в воздухе под влиянием местоположения в умеренной зоне СССР (по И. А. Гольдберг)

| Местоположение                            | Изменение интенсивности заморозка (в %) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Вершины и верхние части склонов . . . . . | Около +2                                |
| Долины в холмистой местности . . . . .    | -1,5, -2                                |
| Долины в горах . . . . .                  | -4, -5                                  |
| Полонины . . . . .                        | Около -2                                |
| Острова и побережья . . . . .             | +2, +3                                  |
| Города . . . . .                          |                                         |

Примечание. Знак плюс означает увеличение вероятности заморозков на указанный процент, знак минус — уменьшение ее.

Примечание. Знак плюс означает увеличение температуры, знак минус — понижение ее по сравнению с равным местом.

Пример. Составить агрометеорологический прогноз сроков начала цветения яблони.

- Исходные данные.
1. Дата составления прогноза 11 апреля 1966 г.
  2. Устойчивый переход среднесуточной температуры через  $+5^{\circ}$  — 25 марта.
  3. Сумма эффективных температур от начала вегетации до начала цветения  $185 \pm 10^{\circ}$  (табл. 24).

Для составления прогноза начала цветения яблони необходимо определить дату, когда сумма эффективных температур будет  $185 \pm 10^{\circ}$ .

Для этой цели используют наблюдения Луганской агрометстанции за 1966 г., долгосрочный прогноз погоды за апрель и агроклиматический справочник по Луганской области. Форма записи расчетов приводится в таблице 27.

Определение сроков начала цветения яблони, Луганск, агрометстанция, 11/IV 1966 г. Таблица 27

| Показатели                                                  | 13/II—24/III | 25/III—31/III | Апрель      |       |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------------|-------|------|------|------|------|
|                                                             |              |               | по прогнозу |       |      |      |      |      |
|                                                             |              |               | 1—10        | 11—20 | 21   | 22   | 23   | 24   |
| Среднесуточная температура воздуха . . . . .                | 22           | 24            | 10,0        | 10,0  | 12,3 | 12,3 | 12,3 | 12,3 |
| Эффективная температура выше $5^{\circ}$ . . . . .          | 22           | 24            | 50          | 50    | 7,3  | 7,3  | 7,3  | 7,3  |
| Сумма эффективных температур с нарастающим итогом . . . . . | 22           | 46            | 96          | 146   | 153  | 161  | 168  | 175  |
|                                                             |              |               |             |       |      |      | 182  | 187  |

До 11 апреля сумма эффективных температур определяется по ежедневным наблюдениям. Зима 1965—1966 гг. в Луганске была теплой. До устойчивого перехода температуры воздуха через  $+5^{\circ}$ , который отмечался 25 марта, были дни с температурой выше  $5^{\circ}$ . Всего до 25 марта накопилось  $22^{\circ}$  эффективных температур, а ко времени составления прогноза (11 апреля) — уже  $96^{\circ}$  (табл. 27).

Для дальнейшего подсчета суммы эффективных температур пойдёмся долгосрочным прогнозом погоды и агроклиматическим справочником. По долгосрочному прогнозу погоды температура апреля ожидается выше нормы на  $1-2^{\circ}$ , причем наиболее высокой она будет в середине месяца. Поэтому среднюю температуру второй декады берем на  $1,5^{\circ}$ , а третьей декады — на  $1^{\circ}$  выше нормы. По агроклиматическому справочнику температура воздуха во второй декаде равна  $8,5^{\circ}$ , а в третьей —  $11,3^{\circ}$ . Уточняя по долгосрочному прогнозу, получим среднюю температуру воздуха для второй декады  $10,0^{\circ}$ , а для третьей  $12,3^{\circ}$ . Соответственно сумма эффективных температур за вторую декаду увеличится на  $50^{\circ}$  и к 21 апреля будет  $146^{\circ}$ . Так как полученная величина близка к констатированной ( $185 \pm 10^{\circ}$ ), то дальнейший подсчет эффективных температур следует вести по дням (таблица 27). Как видно из таблицы 27, необходимая сумма эффективных температур накапливается 26 апреля.

Следовательно, следующий день 27 апреля является ожидаемой датой цветения садов.

Определить дату начала цветения садов можно и по формуле. Так как ко времени составления прогноза уже накопилось определенная сумма эффективных температур ( $96^{\circ}$ ), то пользуемся для расчета формулой (34). Все величины, входящие в формулу, известны:  $2t > 5^{\circ} = 185^{\circ}$ ;  $2t' > 5^{\circ} = 96^{\circ}$ . Средняя температура периода  $t = 11,2^{\circ}$ . По формуле (34) получим, что продолжительность периода  $n = \frac{185-96}{11,2-5} = 14$  дням. Для определения ожидаемой даты цветения яблони необходимо полученную продолжительность периода (14 дней) прибавить к дате составления прогноза (11 апреля  $+14 = 25$  апрель). Следующий день 26 апреля будет ожидаемой датой цветения яблони.

Согласно прогнозу в 1966 г., сады зацветут раньше многолетних среднелистных на 10 дней. Соответственно и работы по уходу за садами должны быть закончены на 10 дней раньше.

Так как сады зацветут на 10 дней раньше, то, естественно, и вероятность заморозков в период их цветения будет больше. По прогнозу в это время заморозков нет, а по многолетним средним вероятности их составляет для раннего места около 30%. Поэтому к защите садов от заморозков следует относиться особенно в пониженных местах, где вероятность заморозков значительно больше (табл. 25).

#### § 40. Прогноз сроков созревания зерновых культур

Качество и количество урожая в значительной степени зависят от агрометеорологических условий в период прорастания, созревания и уборки сельскохозяйственных культур. Несвоевременная уборка приводит к большим потерям урожая. В связи с этим очень важно знать заранее сроки начала уборки. Наличие долгосрочного прогноза сроков созревания хлебов позволяет своевременно подготовить технику и людей к уборке, а также знать напряженность уборочных работ.

Из года в год уборочные работы в силу сложившихся агрометеорологических условий начинаются в разное время. Последовательность созревания хлебов в отдельные годы также нарушается. В один год разрыв в созревании озимых и яровых культур



бывает в неделю, в другие — они созревают почти одновременно, или этот интервал растягивается до 25 дней.

Наступление восковой спелости определяет начало раздельной уборки хлебов, а наступление полной спелости — время уборки комбайнами и подборки хлебов из валков.

Поэтому для определения даты раздельной уборки хлебов надо рассчитать дату наступления восковой спелости, а для уборки комбайнами — дату полной спелости зерновых культур.

По А. А. Шинделю, для прохождения каждого межфазного периода необходимо накопление определенной суммы эффективных температур выше 5°. В таблице 28 приведены суммы эффективных температур для наиболее важных межфазных периодов по некоторым сортам зерновых культур (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, овес и ячмень).

Приведенные суммы эффективных температур позволяют, зная дату исходной фазы, определить дату наступления следующей фазы. Для практических целей наибольший интерес представляют даты наступления фазы восковой и полной спелости. Поэтому ниже излагается методика составления прогноза сроков наступления только этих фаз.

#### МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ

Прогноз сроков наступления восковой спелости составляют обычно в фазу колошения, так как эта фаза почти всегда отмечается довольно точно. Сумма эффективных температур для прохождения фазы колошения — восковая спелость для большинства сортов озимой и яровой пшеницы составляет 490°, немного меньше для овса и ячменя (табл. 28).

Составление прогноза сроков наступления фазы восковой спелости заключается в определении даты, когда накопится необходимая для данного межфазного периода сумма эффективных температур.

Прогноз составляют обычно через 10 дней после фазы колошения. Для подсчета суммы эффективных температур за эти 10 дней используют фактические наблюдения за температурой воздуха, а за последующие дни температуру воздуха берут по долго-срочному прогнозу погоды и из агроклиматического справочника.

Датой наступления фазы восковой спелости считается следующий день после накопления необходимой суммы эффективных температур или тот же день, если сумма эффективных температур в этот день превышает необходимую сумму эффективных температур.

Дата наступления фазы восковой спелости является одновременно датой начала раздельной уборки хлебов.

Сумма эффективных среднесуточных температур для отдельных периодов роста зерновых культур

| Культура       | Сорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Межфазный период                         | Сумма эффективных температур (в градусах) |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Озимая рожь    | Для всех сортов<br>Для всех сортов<br>Для всех сортов                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | От колошения до цветения                 | 144                                       |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | От цветения до молочной спелости         | 225                                       |
| Озимая пшеница | Белодерковская 198, Гостинум 237, Лютеценс 226, Нововкраинка 83, Одесская 3, Украинка, Эритроспермум 917, Эритроспермум 115, Мироновская 808, Милытрум 321                                                                                                                                                                                              | От колошения до молочной спелости        | 230                                       |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | От молочной спелости до выхода в трубку  | 330                                       |
| Яровая пшеница | Гарнет, Смаена, Лютеценс 1729, Тулуз, Сарубра, Дамант, Пезанум 111, Артемовка, Акмолинка, Альбидум 3700, Одесская 13, Милытрум 553, Эритроспермум 841, Меланолус 69, Горденформе 189, Победа, Лоховский, Золотой дождь, Московский 315, Липпе, Онохойский 547, Немчиновский, Орел, Прикульский, Тулузский 86/5, Советский, Сахалинский, Харьковский 596 | От колошения до молочной спелости        | 430                                       |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | От молочной спелости до выходов в трубку | 450                                       |
| Овес           | Кубанец, Паллидум 43 и 45, Одесский 9, Нутанс 187 и 513, Ганна Люсдорфская, Европеум 353/133, Прекопиус 143, Медикум, Субмедикум 199, Чероонец, Майя, Уинча, Вайротс, Ауксиний, Голдзерный, Крымский 65, Омский 13709, Донецкий 591, Южный                                                                                                              | От колошения до молочной спелости        | 428                                       |
|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | От молочной спелости до выходов в трубку | 388                                       |
| Ячмень         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | От колошения до молочной спелости        | 388                                       |

Дата наступления восковой спелости определяется суммированием ежедневных эффективных температур или по формуле:

$$D = D_1 + \frac{A}{T - 5}, \quad (35)$$

где  $D$  — ожидаемая дата наступления фазы восковой спелости;  $D_1$  — дата наступления фазы колошения;

А — постоянная сумма эффективных температур, необходимая для прохождения межфазного периода (колоншение — восковая спелость);

Т — ожидаемая средняя температура межфазного периода.

# МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ПОЛНОЙ СПЕЛОСТИ

Уборку хлеба и прямиком комбайнированием начинают при наступлении полной спелости.

Переход от восковой спелости к полной происходит в результате потери влаги зерном. Скорость подсыхания зерна зависит от влажности воздуха. Поэтому найдена зависимость скорости подсыхания зерна за сутки от среднесуточного дефицита влажности воздуха. Величина подсыхания зерна за сутки выражается в процентах от общего подсыхания, которое принимается за 100.

Суточные величины подсыхания зерна в процентах в зависимости от дефицита влажности воздуха приведены в таблицах 29 и 30. Таблица 29 применяется для сухой зоны, а таблица 30 — для влажной зоны. Если же в сухой зоне в период уборки идут дожди, то для вычисления надо пользоваться таблицей для влажной зоны, и наоборот. В таблицах значения среднесуточного дефицита влажности воздуха расположены слева по вертикали (целые) и вверху по горизонтали (десятичные доли ммб). Величина подсыхания зерна за сутки определяется на пересечении целых и десятичных долей миллибара. Например, среднесуточный дефицит влажности воздуха 10,5 ммб. Процент подсыхания зерна за этот день будет 11,2 (см. табл. 29).

Подсчет подсыхания зерна в процентах производится с первого дня после наступления фазы восковой спелости. Величины подсыхания зерна в процентах суммируют за каждый день до тех пор, пока величина подсыхания достигнет 100. Этот день и будет датой наступления полной спелости.

В долгосрочных прогнозах погоды нет сведений об ожидаемых значениях дефицита влажности воздуха. Поэтому при составлении агрометеорологического прогноза сроков наступления полной спелости приходится пользоваться многолетними средними величинами с соответствующей поправкой. Для нахождения поправки установлено соотношение дефицита влажности воздуха от изменений температуры воздуха. Это соотношение представлено в таблице 31. В первой строке таблицы даны отклонения температуры воздуха по прогнозу от многолетней средней в процентах, во второй — отклонения дефицита влажности воздуха от многолетней средней величины в процентах.

Например, среднее многолетнее значение дефицита влажности воздуха равно 10,1 ммб, а ожидаемая температура воздуха по прогнозу будет на 2° выше нормы. Средняя многолетняя температура воздуха 23,6°.

Скорость подсыхания зерновых хлебов за сутки в процентах от всего процесса, принятого за 100% (сухая зона)

| Среднесуточ-<br>ный дефицит<br>влажности<br>воздуха, в ммб | Десятичные доли миллибара |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                            | 0                         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| 2                                                          | 4,7                       | 4,9  | 5,0  | 5,1  | 5,3  | 5,4  | 5,5  | 5,6  | 5,8  | 5,9  |
| 3                                                          | 6,0                       | 6,1  | 6,2  | 6,3  | 6,4  | 6,5  | 6,6  | 6,7  | 6,8  | 6,9  |
| 4                                                          | 7,0                       | 7,1  | 7,2  | 7,2  | 7,3  | 7,4  | 7,5  | 7,5  | 7,6  | 7,7  |
| 5                                                          | 7,7                       | 7,8  | 7,9  | 8,0  | 8,0  | 8,1  | 8,2  | 8,2  | 8,3  | 8,4  |
| 6                                                          | 8,4                       | 8,5  | 8,6  | 8,7  | 8,7  | 8,8  | 8,9  | 9,0  | 9,0  | 9,1  |
| 7                                                          | 9,2                       | 9,2  | 9,3  | 9,4  | 9,4  | 9,5  | 9,5  | 9,6  | 9,7  | 9,7  |
| 8                                                          | 9,8                       | 9,8  | 9,9  | 10,0 | 10,0 | 10,1 | 10,2 | 10,2 | 10,3 | 10,3 |
| 9                                                          | 10,4                      | 10,4 | 10,5 | 10,6 | 10,6 | 10,7 | 10,7 | 10,8 | 10,8 | 10,9 |
| 10                                                         | 10,9                      | 11,0 | 11,1 | 11,1 | 11,2 | 11,2 | 11,3 | 11,3 | 11,4 | 11,4 |
| 11                                                         | 11,5                      | 11,5 | 11,6 | 11,6 | 11,7 | 11,7 | 11,8 | 11,9 | 11,9 | 12,0 |
| 12                                                         | 12,0                      | 12,0 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 12,3 | 12,4 | 12,4 | 12,5 |
| 13                                                         | 12,5                      | 12,5 | 12,6 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,8 | 12,8 | 12,9 | 12,9 |
| 14                                                         | 13,0                      | 13,0 | 13,1 | 13,1 | 13,2 | 13,2 | 13,3 | 13,3 | 13,4 | 13,4 |
| 15                                                         | 13,5                      | 13,5 | 13,6 | 13,6 | 13,7 | 13,7 | 13,8 | 13,8 | 13,9 | 13,9 |
| 16                                                         | 14,0                      | 14,0 | 14,1 | 14,1 | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 14,3 | 14,4 | 14,4 |
| 17                                                         | 14,4                      | 14,5 | 14,5 | 14,6 | 14,6 | 14,7 | 14,7 | 14,8 | 14,8 | 14,9 |
| 18                                                         | 14,9                      | 14,9 | 15,0 | 15,0 | 15,1 | 15,1 | 15,2 | 15,2 | 15,3 | 15,3 |
| 19                                                         | 15,3                      | 15,4 | 15,4 | 15,5 | 15,5 | 15,6 | 15,6 | 15,7 | 15,7 | 15,7 |
| 20                                                         | 15,8                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Скорость высыхания зерновых хлебов за сутки в процентах от всего процесса, принятого за 100% (влажная зона)

| Среднесуточ-<br>ный дефицит<br>влажности<br>воздуха, в ммб | Десятичные доли миллибара |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                            | 0                         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| 2                                                          | 6,0                       | 6,1  | 6,3  | 6,4  | 6,6  | 6,7  | 6,9  | 7,0  | 7,1  | 7,3  |
| 3                                                          | 7,4                       | 7,6  | 7,7  | 7,9  | 8,0  | 8,1  | 8,2  | 8,4  | 8,5  | 8,7  |
| 4                                                          | 8,8                       | 8,9  | 9,0  | 9,2  | 9,3  | 9,4  | 9,5  | 9,7  | 9,8  | 9,9  |
| 5                                                          | 10,0                      | 10,2 | 10,3 | 10,4 | 10,5 | 10,6 | 10,7 | 10,9 | 11,0 | 11,1 |
| 6                                                          | 11,2                      | 11,3 | 11,5 | 11,6 | 11,7 | 11,8 | 11,9 | 12,0 | 12,1 | 12,2 |
| 7                                                          | 12,3                      | 12,4 | 12,5 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 13,0 | 13,2 | 13,2 |
| 8                                                          | 13,3                      | 13,4 | 13,5 | 13,6 | 13,7 | 13,7 | 14,0 | 14,1 | 14,2 | 14,3 |
| 9                                                          | 14,3                      | 14,4 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,8 | 14,9 | 15,0 | 15,1 | 15,2 |
| 10                                                         | 15,2                      | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,6 | 15,7 | 15,8 | 15,8 | 15,9 | 16,0 |
| 11                                                         | 16,1                      | 16,2 | 16,3 | 16,4 | 16,5 | 16,5 | 16,6 | 16,7 | 16,8 | 16,9 |
| 12                                                         | 17,0                      | 17,1 | 17,1 | 17,2 | 17,3 | 17,4 | 17,5 | 17,5 | 17,6 | 17,7 |
| 13                                                         | 17,8                      | 17,9 | 18,0 | 18,0 | 18,1 | 18,2 | 18,2 | 18,3 | 18,4 | 18,5 |
| 14                                                         | 18,6                      | 18,6 | 18,7 | 18,8 | 18,9 | 19,0 | 19,0 | 19,8 | 19,9 | 20,0 |
| 15                                                         | 19,3                      | 19,4 | 19,5 | 19,6 | 19,6 | 19,7 | 19,8 | 20,6 | 20,7 | 20,8 |
| 16                                                         | 20,1                      | 20,1 | 20,2 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 21,4 | 21,5 | 21,5 |
| 17                                                         | 20,9                      | 20,9 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 22,2 | 22,3 | 22,3 |
| 18                                                         | 21,6                      | 21,7 | 21,8 | 21,8 | 21,9 | 22,0 | 22,1 | 22,9 | 23,0 | 23,1 |
| 19                                                         | 22,4                      | 22,5 | 22,6 | 22,6 | 22,7 | 22,8 | 22,9 | 23,0 | 23,1 | 23,1 |
| 20                                                         | 23,2                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



Приближенное соотношение (в %) отклонения температуры (в °) и дефицита влажности воздуха (в мб) от нормы

| Показатели                          | Средняя многолетняя, в % | Выше нормы (в %) |    |    |    |    | Ниже нормы (в %) |    |    |    |    |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------|----|----|----|----|------------------|----|----|----|----|
|                                     |                          | 10               | 20 | 30 | 40 | 10 | 20               | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Температура воздуха . . .           | 100                      | 10               | 20 | 30 | 40 | 10 | 20               | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Дефицит влажности воздуха . . . . . | 100                      | 15               | 30 | 45 | 60 | 15 | 30               | 45 | 60 | 75 | 90 |

Превышение ожидаемой температуры на 2° по сравнению с многолетней средней соответствует  $\frac{2 \times 100}{23,6} = 9\%$ . Зная процент

превышения температуры, по таблице 31 определяем процент изменения дефицита влажности воздуха. Из таблицы видно, что изменение температуры на 10% сопровождается изменением дефицита влажности воздуха на 15%. Так как в приведенном примере превышение температуры было на 9%, то превышение дефицита влажности воздуха примем за 14%. Эта величина изменения дефицита влажности воздуха по отношению к 10,1 мб соответствует  $\frac{10,1 \times 14}{100} = 1,4$  мб. Следовательно, ожидаемый дефицит влажности воздуха будет  $10,1 + 1,4 = 11,5$  мб.

Исправленные таким образом многолетние средние величины дефицита влажности воздуха используются для подсчета процентов подсыхания зерна за каждый день.

В связи с тем что посевы зерновых расположены на разных участках рельефа и имеют разную агротехнику, то и прогнозы сроков наступления восковой и полной спелости необходимо составлять отдельно для каждого поля. Для этого дополнительно следует проводить маршрутные наблюдения за фазами развития растений, в частности за фазой колошения.

#### Пример составления прогнозов сроков наступления восковой и полной спелости озимой пшеницы

Колошение озимой пшеницы Одесская 3 на посевах по ячменю было отмечено 2/VII, а по пару — 4/VII. Определить ожидаемые сроки наступления восковой и полной спелости озимой пшеницы. Прогноз составляется 10/VI.

Необходима сумма эффективных температур за межазимный период колошения — восковая спелость для озимой пшеницы Одесская 3 равна 490° (см. табл. 28). Поэтому дата наступления восковой спелости будет день, когда накопится указанная выше сумма эффективных температур. Расчеты ожидаемой даты наступления восковой спелости озимой пшеницы приводятся в таблице 32.

Для подсчета эффективных температур за период с момента наступления фазы колошения до составления агрометеорологического прогноза (по пару с 4 до 10/VI и по ячменю с 2 до 10/VI) температура воздуха берется из таблиц метеорологических наблюдений, а далее — из долгосрочного прогноза погоды на июнь и агроклиматического справочника.

Расчеты дат наступления восковой спелости озимой пшеницы. Луганск, агрометстанция, 1965 г.

| Показатели                                        | Июнь |      |      |       |       | Июль, многолетние средние |      |      |                                            |  |
|---------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|---------------------------|------|------|--------------------------------------------|--|
|                                                   | 3    | 4    | 5-10 | 11-20 | 21-30 | 1-4                       | 5    | 6    | Средняя температура воздуха с 3/VI по 6/II |  |
| Средняя температура воздуха                       | 25,9 | 20,2 | 17,1 | 20,3  | 21,2  | 21,2                      | 21,2 | 21,2 | 20,3                                       |  |
| Эффективная температура                           | 20,9 | 15,2 | 7,3  | 15,3  | 16,2  | 6,6                       | 16,2 | 16,2 | 16,2                                       |  |
| Сумма эффективных температур с нарастающим итогом | 20,9 | 36,1 | 109  | 262   | 424   | 490                       | 469  | 485  | 501                                        |  |
| по ячменю                                         |      |      |      |       |       |                           |      |      |                                            |  |
| по пару . . .                                     |      |      |      |       |       |                           |      |      |                                            |  |
| итогом                                            |      |      |      |       |       |                           |      |      |                                            |  |

Таблица 33

Расчеты дат наступления полной спелости озимой пшеницы. Луганск, агрометстанция, 1965 г.

| Показатели                                          | Июль |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|--|--|--|--|
|                                                     | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13    | 14   | 15   | Июль |  |  |  |  |
| Среднесуточный дефицит влажности воздуха (мб) . . . | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 13,6 | 13,6 | 13,6  | 13,6 | 13,6 |      |  |  |  |  |
| Процент высушивания зерна за сутки . . . . .        | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,7 | 12,8 | 12,8 | 12,8  | 12,8 | 12,8 |      |  |  |  |  |
| Процент высушивания зерна с нарастающим итогом      | 12,7 | 25,4 | 38,1 | 50,8 | 63,5 | 75,3 | 88,9 | 101,9 | —    | —    |      |  |  |  |  |
| по ячменю                                           |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |  |  |  |  |
| по пару . . .                                       |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |  |  |  |  |
| итогом                                              |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |      |  |  |  |  |

По долгосрочному прогнозу погоды ожидаемая температура будет на 1° выше нормы. Поэтому многолетнюю среднюю температуру воздуха, которую берем из агроклиматического справочника, увеличиваем на 1°. За июль мысленно берем температуру воздуха агрометеорологической справочника, так как в момент составления агрометеорологического прогноза нет еще долгосрочного прогноза погоды на июль.

Согласно расчетам, необходимая сумма эффективных температур накопится на озимых по ячменю 4/VII, а по пару — 6/VII. Соответственно восковая спелость озимой пшеницы наступит по ячменю на следующий день 5/VII, а по пару в тот же день (6/VII), так как сумма температур 6/VII превышает константу.

Таким образом, к раздельной уборке озимой пшеницы на полях участка можно будет приступить со второй половины июля. Аналогично можно рассчитать сроки наступления фазы восковой спелости других зерновых колосовых культур и тем самым определить начало уборки и напряженность работ в период уборки.

Ожидаемая дата наступления восковой спелости может быть рассчитана по формуле (35). Средняя температура межфазного периода равна 20,3°





Зависимость периода листообразования от термических условий выражается формулой:

$$n = \frac{30(N+1)}{c(t-10)}, \quad (36)$$

где  $n$  — продолжительность периода в днях;

$c$  — поправочный коэффициент на высокие температуры;

$N$  — число межлистных периодов до появления последнего листа;

$t$  — средняя температуры периода.

По формуле (36) в фазу любого очередного листа можно рассчитать дату наступления фазы выметывания султана. Обычно прогноз наступления фазы выметывания султана составляется во второй период листообразования (для среднеспелых сортов в фазу 9—10-го листа). Для подсчета числа заложенных, но еще не развернувшихся листьев делают вертикальный разрез стебля кукурузы.

При составлении прогноза во второй период листообразования заблаговременность его для южных районов европейской территории СССР будет составлять 20—25 дней.

Устойчивая связь числа листьев со скоростью сорта позволяет составить прогноз даты наступления фазы выметывания султана и в фазу третьего листа. Число неразвернувшихся листьев в этом случае определяется для данного сорта по таблице 34.

Заблаговременность долгосрочного прогноза, составленного в фазу третьего листа, увеличивается до двух месяцев.

Для летних посевов составлять прогноз сроков наступления выметывания султана в фазу третьего листа целесообразно, так как при очень высоких температурах воздуха (22—25°) в период всходов — третий лист в дальнейшем может заложиться на 2—3 листа меньше, чем свойственно данному сорту.

Для составления долгосрочного прогноза ожидаемой даты наступления фазы выметывания султана необходимо на посевах кукурузы отмечать даты появления очередного листа, начиная с третьего, и иметь данные о температуре воздуха за прогнозируемый период.

#### Пример составления прогноза

**1 способ.** В учебно-опытном хозяйстве на посевах кукурузы ВИР 42 фаза 9-го листа была отмечена 14/VI. До выметывания султана, согласно вертикальному разрезу стебля кукурузы, осталось 9 листьев. Определить дату выметывания султана.

1. Рассчитываем сумму эффективных температур, необходимую для развития 9 листьев, или даты наступления фазы выметывания султана. Она равна  $30(9+1) = 300$ .

2. Определяем дату наступления фазы выметывания султана, то есть дату, когда при сложившихся агрометеорологических условиях накопится сумма эффективных температур 300°. За июнь температуру берем по прогнозу, а за июль — по агроклиматическому справочнику (многостенные средние).

Расчет можно вести как непосредственным суммированием ежедневных эффективных температур (табл. 36), так и по формуле (36). В таблице 36 даны

#### Расчет сроков наступления фазы выметывания султана.

Луганск, агроместа, 14 июня 1966 г.

| Показатели                                        | По прогнозу |      | Многолетние средние |      | Средние за период с 14/VI по 12/VII |
|---------------------------------------------------|-------------|------|---------------------|------|-------------------------------------|
|                                                   | июнь        | июль | июль                | июль |                                     |
| Средняя температура воздуха                       | 20          | 21   | 21                  | 22   | 21                                  |
| Эффективная температура                           | 10          | 11   | 11                  | 12   | 0,98                                |
| Поправочный коэффициент                           | 1,0         | 0,98 | 0,98                | 0,96 | 0,98                                |
| Сумма эффективных температур                      | 60          | 108  | 108                 | 23   |                                     |
| Сумма эффективных температур с нарастающим итогом | 60          | 168  | 276                 | 299  |                                     |

средние величины, которые могут быть использованы для определения сроков наступления фазы выметывания султана по формуле (36).

Необходимая сумма эффективных температур накапливается 12/VII. Значит, дата выметывания султана наступит 13/VII.

То же получим, если будем определять дату выметывания султана по формуле (36):

$$n = \frac{30(9+1)}{0,98(21-10)} = \frac{300}{10,8} = 28 \text{ дней.}$$

Прибавив их к исходной дате 14/VI, получим 12/VII.

**II способ.** Определить дату выметывания султана на тех же посевах кукурузы в фазу третьего листа. Фаза третьего листа была отмечена 26/V.

1. По таблице 34 определим, что сорт кукурузы ВИР 42 имеет 17—18 листьев (берем 18). Значит, до фазы выметывания султана осталось 15 листьев.

2. Необходимая сумма эффективных температур в этом случае будет равна  $30(15+1) = 480$ .

3. Определим дату выметывания султана. Расчеты производятся по таблице 37. Температура воздуха за 5 дней мая и за июль взята из долгосрочного прогноза погоды, а за июль — из агроклиматического справочника (многостенные средние).

Таблица 37

#### Расчет сроков наступления фазы выметывания султана.

Луганск, агроместа, 26 мая 1966 г.

| Показатели                                        | По прогнозу |      |      |      | Многолетние средние | Средние за период |
|---------------------------------------------------|-------------|------|------|------|---------------------|-------------------|
|                                                   | май         | июнь | июль | июль |                     |                   |
| Средняя температура воздуха                       | 17          | 19   | 20   | 21   | 21                  | 20                |
| Эффективная температура                           | 7           | 9    | 10   | 11   | 11                  | 12                |
| Поправочный коэффициент                           | 1           | 1    | 1    | 0,98 | 0,98                | 0,96              |
| Сумма эффективных температур                      | 35          | 90   | 100  | 108  | 108                 | 46                |
| Сумма эффективных температур с нарастающим итогом | 35          | 125  | 225  | 333  | 441                 | 487               |

Как видно из таблицы 37, сумма эффективных температур 480° накапливается 14/VII. Следовательно, фаза выметывания султана должна наступить 15/VII. Пользуясь формулой (36), получим продолжительность периода от третьего листа до выметывания султана:

$$n = \frac{30(15+1)}{0,99(20-10)} = 50 \text{ дней.}$$

Прибавив к исходной дате (26/V) это число дней, определим дату наступления фазы выметывания султана (15/VII).

Сопоставляя ожидаемые даты наступления фазы выметывания султана, рассчитанные первым и вторым способом, убеждаемся, что разница в них составляет только 3 дня, а заблаговременность прогноза вторым способом возрастает почти на 3 недели. Поэтому вполне возможно составлять долгосрочный агрометеорологический прогноз сроков наступления фазы выметывания султана вторым способом, то есть в фазу третьего листа. Число неразравернувшихся листьев в этом случае следует определять по таблице 34.

#### ПРОГНОЗ СРОКОВ НАСТУПЛЕНИЯ ФАЗЫ МОЛОЧНОЙ СПЕЛОСТИ КУКУРУЗЫ

Прогноз сроков наступления молочной спелости кукурузы составляется в фазу выметывания султана.

Так как продолжительность междоузельного периода выметывания султана — молочная спелость кукурузы зависит от температурных условий, то для определения наступления фазы молочной спелости кукурузы необходимо вычислить дату, когда накопится соответствующая этому междоузельному периоду сумма эффективных температур выше 10°.

Суммы эффективных температур, необходимые для междоузельного периода выметывания султана — молочная спелость, для позднеспелых и среднеспелых сортов составляют 280°, для средне-спелых — 260°, для среднеранних и ранних — 240°.

На продолжительность междоузельного периода выметывания султана — молочная спелость оказывают влияние недостаток продуктивной влаги в почве (20—25 мм в полуметровом слое) и очень высокие температуры воздуха.

При среднесуточной температуре воздуха выше 20° продолжительность периода выметывания султана — молочная спелость практически не изменяется, хотя сумма эффективных температур значительно увеличивается. Поэтому при подсчете эффективных температур для периодов с температурой воздуха выше 20° необходимо учитывать поправочный коэффициент (см. табл. 35).

При расчетах ожидаемой даты наступления молочной спелости кукурузы используют данные по температуре воздуха из долгосрочного прогноза и многолетние средние значения из агро-климатических справочников.

#### Пример составления прогноза

На посевах кукурузы сорта Вир 42 фаза выметывания султана была отмечена 17/VII. Определить дату наступления фазы молочной спелости кукурузы. 1. Вир 42 относится к среднеспелым сортам. От наступления фазы вы-

тывания султана до молочной спелости этих сортов требуется сумма эффективных температур 280°.

2. Для определения наступления фазы молочной спелости кукурузы необходимо вычислить дату, когда накопится указанная сумма эффективных температур (280°).

С этой целью суммируется ежедневная эффективная температура. С 18 по 31/VII температура воздуха берется по прогнозу, а с 1/VIII — из агроклиматического справочника (многолетние средние значения).

Пример расчета, по данным Луганской агрометстанции, приводится в таблице 38.

Необходимая сумма эффективных температур, согласно расчетам, накопится 10/VIII. Следовательно, ожидаемой датой наступления молочной спелости кукурузы будет 11/VIII.

Т а б л и ц а 38

#### Расчет ожидаемых сроков наступления фазы молочной спелости кукурузы

| Показатели                                                  | По прогнозу |        | Средние многолетние данные |
|-------------------------------------------------------------|-------------|--------|----------------------------|
|                                                             | июль        | август |                            |
| Средняя температура воздуха . . . . .                       | 22          | 23     | 22,4                       |
| Поправочный коэффициент . . . . .                           | 0,96        | 0,93   | 0,96                       |
| Эффективная температура . . . . .                           | 12          | 13     | 12,4                       |
| Сумма эффективных температур . . . . .                      | 35          | 133    | 119                        |
| Сумма эффективных температур с нарастающим итогом . . . . . | 35          | 168    | 287                        |

#### Глава XIV. ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

##### ЗАДАНИЕ

1. Изучить методику составления долгосрочных прогнозов урожая озимой пшеницы и зерна кукурузы.

2. Рассчитать по формулам и определить по графикам ожидаемый наиболее вероятный, наибольший и наименьший урожай озимой пшеницы по паре для заданных весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы и числу стеблей на 1 м<sup>2</sup>.

3. Определить по данным весенних запасов продуктивной влаги в почве и числу стеблей на 1 м<sup>2</sup> ожидаемый урожай озимой пшеницы по непаровому предшественнику и уточнить полученные величины по количеству майских осадков.

4. Составить прогноз урожая зерна кукурузы в период сева по данным запасов влаги и в фазу выметывания султана по запасам продуктивной влаги в почве и площади листовой поверхности.



## § 42. Долгосрочный прогноз урожая озимой пшеницы

Озимая пшеница имеет широкое распространение на Украине и Северном Кавказе. Урожайность ее в этих районах из года в год колеблется в больших пределах. В благоприятные в метеорологическом отношении годы передовые хозяйства с высоким уровнем агротехники получают зерна озимой пшеницы сорта Мироновская 808, Мироновская 264, Безостая 1, Одесская 3, Одесская 16, Белогорковская 198 от 40 до 60 ц с 1 га, а в неблагоприятные — 8—10 ц с га.

В результате колебаний урожайности озимой пшеницы из года в год возникает необходимость определять заранее ожидаемый урожай при сложившихся агрометеорологических условиях текущего года.

Сведения об ожидаемой урожайности с большой заблаговременностью необходимы работникам сельского хозяйства и планирующим организациям, связанным с сельским хозяйством.

### МЕТОД СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗА

Метод составления долгосрочного прогноза урожая озимой пшеницы разработан Е. С. Улановой. Он основан на учете двух решающих для урожая озимой пшеницы факторов: весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы и числа стеблей, сохранившихся после перезимовки. Этот метод позволяет рассчитать урожай озимой пшеницы в зоне черноземных почв с трехмесячной заблаговременностью без учета прогноза погоды.

Основными метеорологическими факторами, определяющими состояние посевов и урожай озимой пшеницы, являются температурный режим, условия увлажнения и условия перезимовки.

В районах выращивания озимой пшеницы (на Украине и Северном Кавказе) в период сева, осенней, весенней и летней вегетации наблюдаются сравнительно благоприятные температурные условия. Только в конце июня и в начале июля температура поднимается выше оптимальной. Однако в это время заканчивается созревание озимой пшеницы и высокие температуры не оказывают существенного отрицательного влияния на ее урожай. Поэтому при благоприятных температурных условиях важнейшими факторами, от которых зависят состояние посевов и урожай, являются условия увлажнения и перезимовки.

В степных районах Украины и Северного Кавказа осадков выпадает мало. Кроме того, в отдельные годы наблюдаются значительные отклонения количества осадков от нормы. Летом в этих районах довольно часты засухи и суховеи. Все это создает очень неустойчивые условия увлажнения для озимой пшеницы и тем самым обуславливает резкие колебания ее урожая.

В связи с тем что летом осадки выпадают преимущественно в виде ливней, даже значительные по количеству ливневые осадки

на фоне продолжительных бездождевых периодов не могут обеспечить нормального увлажнения почвы. Поэтому тесной связью урожай озимой пшеницы с осадками летнего периода не наблюдается. На рисунке 74 показаны изменения урожая озимой пшеницы и количества осадков за IV—V—VI месяцы по годам за период с 1950 по 1963 г. (совхоз «Гигант» Ростовской области).

Основным водным ресурсом для формирования урожая озимой пшеницы являются весенние запасы продуктивной влаги в почве.

На рисунке 75 представлены изменения по годам урожай озимой пшеницы и запасов продуктивной влаги в метровом слое и декаду перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^{\circ}$  за период с 1950 по 1963 г. (совхоз «Гигант» Ростовской области). Кривые урожайности и запасов продуктивной влаги в почве иллюстрируют тесную взаимосвязь. Особенно сильно это выражается в засухливые годы. Так, в годы с малым количеством весенних и летних осадков, но при больших запасах продуктивной влаги в почве были получены высокие урожаи озимой пшеницы, и, наоборот, при большом количестве летних осадков, но малых запасах продуктивной влаги в почве (менее 100 мм) урожай был низким. Примером могут служить 1950, 1954 и 1955 годы. Урожай озимой пшеницы в эти годы был меньше 10 ц, хотя летом выпали большие ливневые осадки.

Следовательно, весенние запасы продуктивной влаги в почве являются наиболее важной характеристикой условий увлажнения для озимой пшеницы и служат одним из основных инерционных факторов, определяющих состояние посевов на будущее и урожай озимой пшеницы.

Вторым инерционным фактором является число стеблей на 1 м<sup>2</sup>, сохранившихся после перезимовки.

На Украине и Северном Кавказе зимы характеризуются резкими колебаниями температуры и значительной высотой снежного покрова. Поэтому в малоснежные зимы во время сильных холодов возможно частичное, а иногда полное вымерзание озимых посевов. После холодных и малоснежных зим озимые посевы, как правило, бывают изреженными. Так как от числа стеблей, возобновивших вегетацию, зависит число колосных стеблей, то и урожай озимой пшеницы зависит от числа сохранившихся стеблей после перезимовки.

Между урожайностью озимой пшеницы и числом стеблей, сохранившихся после перезимовки, имеется прямая зависимость. На рисунке 75 третьей кривой показан ход числа стеблей на 1 м<sup>2</sup> после возобновления вегетации по годам. Как видно, кривая числа стеблей на 1 м<sup>2</sup> в большинстве лет следует за кривой урожайности.

На основании обработки обширного материала наблюдений Е. С. Улановой были получены прогнозные коэффициенты зависимости урожая озимой пшеницы от весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы и числа стеблей, сохра-

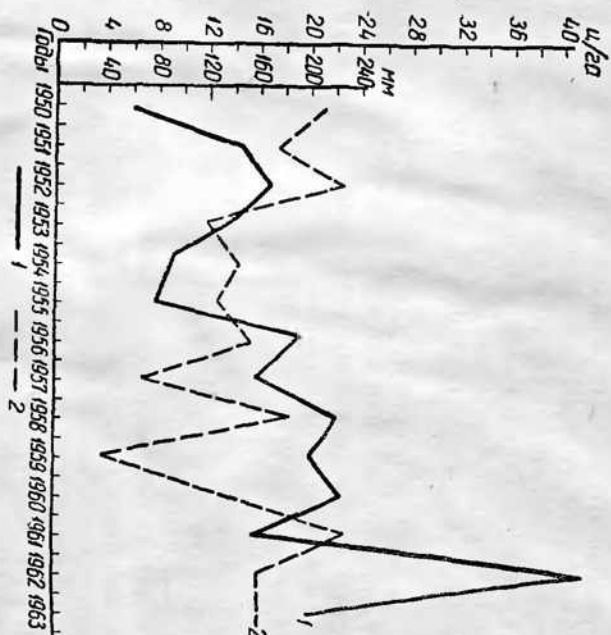


Рис. 74. Изменение урожая озимой пшеницы (1) и суммы осадков за апрель—июнь (2) по годам.

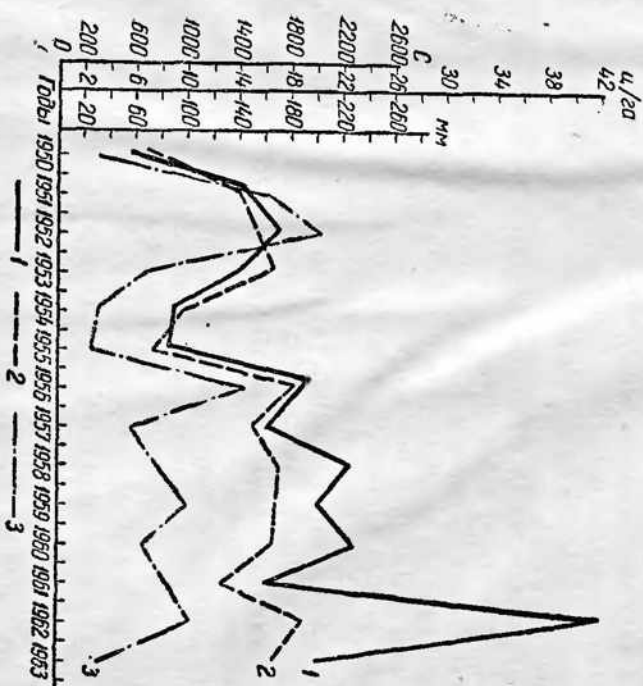


Рис. 75. Изменение урожая озимой пшеницы (1), весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (2) и числа стеблей весной на 1 м² (3).

нившихся после перезимовки. Эти зависимости представлены уравнениями и графиками с учетом сорта и предшественника.

По паровому предшественнику наиболее вероятные урожаи озимой пшеницы сортов Одесская 3, Одесская 12, Одесская 16 рассчитывают для посевов с числом стеблей на 1 м² от 1000 до 2000 по формуле:

$$y = 0,24x - 10,2; \quad (37)$$

для загущенных посевов с числом стеблей на 1 м² больше 2000 по формуле:

$$y = -0,0052x^2 + 1,77x - 116,98; \quad (38)$$

для разреженных посевов (число стеблей от 400 до 900) расчетная формула имеет вид:

$$y = 0,2x - 11,1, \quad (39)$$

где  $y$  — урожай озимой пшеницы (в ц с 1 га);  
 $x$  — запасы продуктивной влаги весной в метровом слое почвы (в мм).

В зависимости от агрометеорологических условий весны и лета, расчетанный наиболее вероятный урожай может быть выше или ниже фактического. Поэтому для практических целей очень важно знать также возможные наиболее высокие и наиболее низкие ожидаемые урожаи.

Для посевов с числом стеблей от 1000 до 2000 на 1 м² наиболее высокий урожай, который может быть получен при самых благоприятных условиях погоды за апрель, май, июнь, определяется по формуле:

$$y_v = 0,24x - 4,4, \quad (40)$$

а наиболее низкий, ожидаемый при любых условиях погоды за апрель, май, июнь, — по формуле:

$$y_n = 0,24x - 16,0. \quad (41)$$

Для посевов с числом стеблей от 400 до 900 на 1 м² наиболее высокие урожаи при самых благоприятных условиях погоды за апрель—июнь рассчитывают по формуле:

$$y_v = 0,2x - 7,2, \quad (42)$$

а наиболее низкие, при любых условиях погоды за апрель—июнь, — по формуле:

$$y_n = 0,2x - 15. \quad (43)$$

Формулы (37—43) применимы для значений запасов продуктивной влаги в почве от 100 до 200 мм.



Ожидаемый урожай может быть определен и графическим путем. На рисунке 76 представлена зависимость урожая озимой пшеницы для сортов Одесская 3, Одесская 12, Одесская 16 от весенних запасов продуктивной влаги с учетом числа стеблей: а) для зауряченных посевов, б) для посевов с числом стеблей от 1000 до 2000 и в) для числа стеблей от 400 до 900 на 1 м<sup>2</sup>.

На графиках по оси абсцисс отложены запасы продуктивной влаги в почве (х) от 100 до 200 мм, а по оси ординат — урожай озимой пшеницы в ц/га (у). На каждом графике проведены три линии зависимости. Средняя линия (у) соответствует наиболее вероятной урожайности, которая рассчитывается по формулам (37), (38), (39). Верхняя (у<sub>в</sub>) и нижняя (у<sub>н</sub>) линии зависимости служат для определения наиболее высокого и низкого урожая в данном году. Крайние пределы урожая прогнозируются с достоверностью, близкой к 100%.

Возможная погрешность, при определении наиболее вероятной урожайности составляет  $\pm 3,4$  ц/га для посевов с числом стеблей от 1000 до 2000;  $\pm 4,8$  ц/га для зауряченных посевов и  $\pm 2,9$  ц/га для посевов с числом стеблей от 400 до 900 на 1 м<sup>2</sup>.

Для определения урожая по графикам необходимо из точки на оси абсцисс, соответствующей запасам продуктивной влаги в почве весной, восстановить перпендикуляр до пересечения с линиями зависимости, а затем из полученных точек на линиях зависимости провести параллельные линии до пересечения с осью ординат. Полученные точки пересечения и есть искомым урожай: средняя точка соответствует наиболее вероятному ожидаемому урожаю, а нижняя и верхняя — предельным величинам урожая.

Полученные уравнения (37—43) и графики зависимости позволяют определить урожай озимой пшеницы с трехмесячной заблаговременностью. Для расчета ожидаемого урожая необходимо иметь данные по запасам продуктивной влаги в почве в декаду перепада среднеуточной температуры через  $\pm 5^\circ$  и число стеблей, сохранившихся после перезимовки.

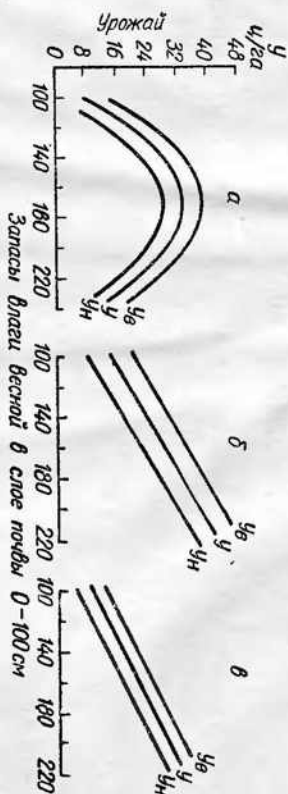


Рис. 76. Зависимость урожая озимой пшеницы по паре от весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы с учетом числа стеблей: а — число стеблей больше 2000; б — число стеблей от 1000 до 2000; в — число стеблей от 400 до 900.

В последнее время как на Украине, так и на Северном Кавказе значительно расширены посевные площади озимой пшеницы по непаровым преддесневникам. В этом случае запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы бывают, как правило, меньше. Зависимость урожая от весенних запасов продуктивной влаги и числа стеблей после возобновления вегетации сохраняется, но урожай несколько ниже, чем по паровому преддесневнику. На рисунке 77 приведен график зависимости урожая озимой пшеницы (по преддесневнику озимая пшеница) от весенних запасов продуктивной влаги в почве в метровом слое для числа стеблей меньше 900 на 1 м<sup>2</sup>. На графике даны три линии зависимости для определения наиболее вероятного (у), наибольшего (у<sub>в</sub>) и наименьшего (у<sub>н</sub>) урожая.

#### Пример составления прогноза

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в декаду перепада среднеуточной температуры через  $5^\circ$  составили 160 мм, число стеблей, сохранившихся после перезимовки, — 1000 на 1 м<sup>2</sup>. Вычислить ожидаемый урожай озимой пшеницы.

Наиболее вероятный урожай озимой пшеницы (у), вычисленный по формуле (37) или определенным по графику (рис. 76, б) при заданных условиях, равен  $0,24 \times 160 - 10,2 = 28,2$  ц с 1 га.

При благоприятных агрометеорологических условиях апреля—июня ожидаемый урожай может быть значительно выше. Его определяют по формуле (40) или на графике верхней линии зависимости. В нашем примере наибольший урожай (у<sub>в</sub>) =  $0,24 \times 160 - 4,4 = 34$  ц с 1 га.

Самый низкий ожидаемый урожай (у<sub>н</sub>) при неблагоприятных условиях по декадам апреля—июня, вычисленный по формуле (41), а также считая с графика по нижней линии зависимости, будет  $0,24 \times 160 - 16,0 = 22,4$  ц с 1 га. Очень важно знать нижний предел. Из данного примера следует, что урожай озимой пшеницы в этом году будет не ниже 22,4 ц с 1 га.

Аналогично можно рассчитать по формулам или определить по графику урожай при тех же запасах продуктивной влаги в почве, но при числе стеблей от 400 до 900 на 1 м<sup>2</sup>.

Наиболее вероятный урожай (у) определяем по формуле (38) или по средней линии зависимости на графике (рис. 76, в). В данном примере он будет  $0,2 \times 160 - 11,1 = 20,9$  ц с 1 га. Наибольший урожай (у<sub>в</sub>) в этом случае определяется по формуле (39) или по верхней линии зависимости:  $0,2 \times 160 - 7,2 = 24,8$  ц с 1 га, а наименьший (у<sub>н</sub>)  $0,2 \times 160 - 15 = 17$  ц с 1 га.

Предельные величины урожая рассчитывают по формулам (42) и (43) или определяют на графике по верхней и нижней линиям зависимости (рис. 76, в). Приведенный пример иллюстрирует влияние числа стеблей на урожай озимой пшеницы. Даже при самых благоприятных агрометеорологических условиях апреля—мая—июня при изреженных посевах очень низкого урожая получить нельзя.

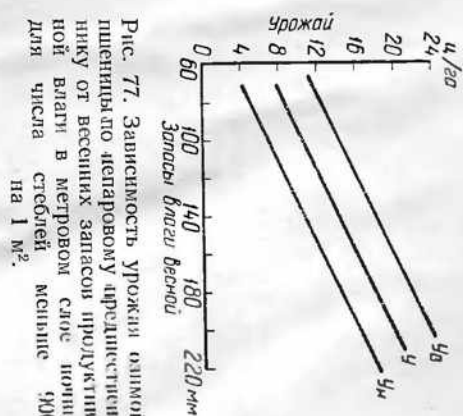


Рис. 77. Зависимость урожая озимой пшеницы по непаровому преддесневнику от весенних запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы для числа стеблей меньше 900 на 1 м<sup>2</sup>.

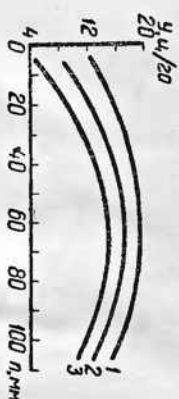


Рис. 78. Зависимость урожая озимой пшеницы от майских осадков при весенних запасах продуктивной влаги в метровом слое в почве меньше 100 мм и числе стеблей на 1 м<sup>2</sup>.

1 — больше 1000; 2 — от 500 до 1000; 3 — от 200 до 500.

с 1 га и наименьший ( $y_n$ , нижняя линия зависимости) — 12 ц с 1 га.

Таким образом, при одном и том же запасе продуктивной влаги в почве весной и одинаковой густоте стояния растений урожай по непаровому предшественнику будет на 5–6 ц меньше, чем по пару. Поэтому при расчетах ожидаемого урожая озимой пшеницы следует учитывать наряду с другими факторами, предшественник, по которому она была посеяна.

Зная урожай с 1 га и посевную площадь, можно рассчитать валовой сбор зерна.

Уточнение прогноза урожая озимой пшеницы, составленного в начале весны, производится по майским осадкам. Наибольшая зависимость урожая озимой пшеницы с количеством майских осадков наблюдается в годы, когда весенние запасы продуктивной влаги меньше 100 мм.

Для уточнения прогноза применяется график (рис. 78), на котором даны три линии зависимости, соответствующие разному числу стеблей на 1 м<sup>2</sup> при запасах продуктивной влаги меньше 100 мм по непаровому предшественнику. Как видно из графика, наибольшее количество стеблей будут при количестве майских осадков от 40 до 80 мм.

### § 43. Долгосрочный прогноз урожая зерна кукурузы

Урожай кукурузы, как и других сельскохозяйственных культур, зависит от ряда факторов. Многие из них [почвенные условия, биологические особенности растений, некоторые приемы возделывания, сорт (гибрид), качество семенного материала] сравнительно стабильны. Агрометеорологические же условия характеризуются значительной изменчивостью во времени и пространстве. Поэтому они при прочих равных условиях, влияя на рост и развитие растений, в значительной мере определяют их урожай.

Для формирования урожая зерна кукурузы наибольшее значение имеют тепло, запасы продуктивной влаги в слое распространения основной массы корней и условия светового режима. В про-

При запущенных посевах (число стеблей больше 2000 на 1 м<sup>2</sup>) ожидаемый урожай вычисляют по формуле (38) и графику (рис. 76, а). В этом случае  $y = 38,1$  ц с 1 га,  $y_n = 37,9$  ц с 1 га,  $y_n = 28,4$  ц с 1 га.

При запущенных посевах наибольшее количество влаги в метровом слое почвы от 160 до 180 мм. Поэтому в нашем примере даже самый низкий урожай составит 28,4 ц с 1 га.

Для определения урожая по непаровому предшественнику следует пользоваться графиком (рис. 77). Если число стеблей меньше 900 на 1 м<sup>2</sup>, а запасы продуктивной влаги 160 мм, то наибольшее количество ( $y_n$ , верхняя линия), — 20 ц с 1 га, средняя линия будет 16 ц с 1 га, наименьший ( $y_n$ , нижняя линия), — 12 ц с 1 га.

Таким образом, при одном и том же запасе продуктивной влаги в почве весной и одинаковой густоте стояния растений урожай по непаровому предшественнику будет на 5–6 ц меньше, чем по пару. Поэтому при расчетах ожидаемого урожая озимой пшеницы следует учитывать наряду с другими факторами, предшественник, по которому она была посеяна.

Зная урожай с 1 га и посевную площадь, можно рассчитать валовой сбор зерна.

известственных условий световой режим редко бывает неблагоприятным. Поэтому основными факторами являются тепло и влага.

Кукуруза — требовательная к теплу культура с длительным вегетационным периодом. Для ее вегетации необходима в зимний период от сорта сумма температур выше 10° от 1900 до 2800°. Поэтому кукурузу на зерно выращивают в южных районах нашей страны. Почти 80% посевов кукурузы сосредоточены в степных и лесостепных районах СССР (Украина, Молдавия, центральные и южные области Российской Федерации, Поволжье, Северный Кавказ и др.).

Эти районы характеризуются теплым и продолжительным летом с недостаточным количеством осадков.

В районах возделывания кукурузы выпадает мало осадков не только в целом, но и наблюдаются резкие колебания количества их из года в год. Во влажные годы за вегетационный период может выпасть осадков 400–500 мм, а в сухие — меньше 100 мм. Соответственно урожай кукурузы колеблется в больших пределах. Недостаток влаги является основной причиной низких урожаев кукурузы в отдельные годы.

Особенно важное значение для нормального роста и развития кукурузы имеют ресурсы влаги за период от посева до молочной спелости. Ресурсы влаги определяются суммой запасов продуктивной влаги в почве в слое 0–50 см (в этом слое располагается основная масса корней кукурузы) и количеством выпавших осадков за период вегетации.

### ПРОГНОЗ УРОЖАЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ ПО РЕСУРСАМ ВЛАГИ

Сопоставлением урожайности кукурузы отдельных лет с расходами влаги за период посев — молочная спелость была установлена зависимость урожайности зерна позднеспелых и среднепоздних сортов и гибридов кукурузы от расходов влаги (Ю. И. Чирков). Эта зависимость выражается формулой:

$$y = 0,12x - 4,31, \quad (44)$$

где  $y$  — урожай зерна в ц с 1 га;

$x$  — количество израсходованной влаги за период посев — молочная спелость.

Формула (44) применима для расходов влаги в пределах от 80 до 400 мм. В зоне недостаточного увлажнения ресурсы влаги и израсходованная влага близки между собой, так как к окончанию вегетации в слое почвы 0–50 см остается обычно очень мало влаги (менее 20 мм).

Подставляя формулой (44), можно рассчитать в период сева, то есть с 4–5-месячной заблаговременностью, среднюю, максимальную и минимальную урожайность кукурузы. Ресурсы влаги в этом случае определяются по уже известным запасам продуктивной влаги в почве во время сева и среднему, наибольшему и



наименьшему количеству осадков, выпадающих в данной местности за период посев — молочная спелость (данные по осадкам берут из агроклиматического справочника).

Пример. Во время сева кукурузы запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см — 64 мм, среднее количество осадков, по многолетним данным, за период посев — молочная спелость — 173 мм, максимальное — 280 мм и минимальное — 100 мм. Количество израсходованной влаги соответственно будет 64 + 173 = 237 мм; 64 + 280 = 344 мм и 64 + 100 = 164 мм.

Подставляя величины израсходованной влаги в формулу (44), получим среднюю урожайность  $0,12 \times 237 = 4,31$  ц с 1 га, возможную максимальную  $0,12 \times 344 = 4,31$  ц с 1 га и минимальную  $0,12 \times 164 = 4,31$  ц с 1 га.

#### ПРОГНОЗ УРОЖАЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ ПО ЗАПАСАМ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И ПЛОЩАДИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

По мере развития растений представляется возможность уточнить прогнозную величину урожая на основании наблюдений за запасами влаги и состоянием посевов.

Довольно точно ожидаемый урожай можно рассчитать в фазу выметывания султана, то есть за 1,5—2 месяца до уборки. В это время наблюдается наиболее тесная связь урожая с запасами продуктивной влаги в почве в слое 0—50 см. Осадки же за период выметывания султана — молочная спелость существенного влияния на урожай не оказывают.

Поэтому запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—50 см в фазу выметывания султана являются одним из показателей, используемых при прогнозе урожая кукурузы. Оптимальные условия для формирования урожая зерна кукурузы создаются при запасах продуктивной влаги в полуметровом слое от 60—70 мм.

Урожай кукурузы зависит также от состояния посевов к моменту выметывания султана. Интегральным показателем, характеризующим состояние посевов, служит площадь листовой поверхности. При засухах, как указывал академик Н. А. Максимов, одной из причин снижения урожая является слабое развитие листового аппарата. Это подтверждается и другими учеными. В частности, в работах А. А. Ничипоровича и его сорудников установлено, что листовая поверхность посевов имеет решающее значение в формировании урожая. Объясняется это тем, что хорошо развитая листовая поверхность растений поглощает много солнечной радиации и имеет в результате этого наибольшую продуктивность фотосинтеза. Исследования показали, что наибольшая продуктивность фотосинтеза на посевах кукурузы наблюдается при площади листовой поверхности от 20 до 30 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га.

При одинаковом увлажнении почвы, но различной площади листовой поверхности наблюдаются значительные изменения урожая зерна кукурузы. Так, при запасах продуктивной влаги в слое 0—50 см, равных 40 мм, урожай зерна кукурузы при площади листовой поверхности 5—8 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га составляет 15,7 ц, а при

площади листовой поверхности 17—24 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га — 30,2 ц с 1 га. Еще большая разница в урожае в зависимости от листовой поверхности наблюдается при высоких запасах продуктивной влаги в почве.

От площади листовой поверхности зависит и урожай сухой массы кукурузы. Установлена довольно тесная связь урожая сухой массы кукурузы и площади листовой поверхности в пределах от 10 до 40 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га.

Таким образом, запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см в фазу выметывания султана и площадь листовой поверхности являются основными показателями, по которым можно определить ожидаемый урожай зерна кукурузы. Эти показатели и были использованы в основу долгосрочного агрометеорологического прогноза, предложенного Ю. И. Чирковым.

На хозяйственных посевах кукурузы площадь листовой поверхности может изменяться от 5 до 24 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га. Поэтому для учета влияния площади листовой поверхности на урожай кукурузы проведена группировка данных по размерам площади листовой поверхности на 1 га посева.

Первая группа характеризуется листовой поверхностью от 5 до 8 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га. Обычно такая площадь листовой поверхности свойственна посевам ранних сортов и изреженным посевам средних и поздних сортов кукурузы. Вследствие малой листовой поверхности посевы не полностью используют солнечную радиацию и поэтому урожай их ниже.

Вторая группа характеризуется площадью листовой поверхности от 9 до 16 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га. Такая площадь листовой поверхности наблюдается преимущественно на посевах средних и поздних сортов кукурузы в степной части СССР.

К третьей группе отнесены посевы с площадью листовой поверхности от 17 до 24 тыс. м<sup>2</sup> на 1 га. Такие посевы кукурузы распространены в хорошо увлажненных районах УССР и Северного Кавказа, а также на орошаемых участках.

Для каждой группы составлены формулы для расчета урожая зерна кукурузы по запасам продуктивной влаги полуметрового слоя почвы в декаду наступления выметывания султана.

Для первой группы формула имеет вид:

$$y = 0,19x + 7,96, \quad (45)$$

для второй группы:

$$y = 0,36x + 8,90 \quad (46)$$

и для третьей группы:

$$y = 0,448x + 12,07, \quad (47)$$

где  $y$  — урожай зерна кукурузы в ц с 1 га;

$x$  — запасы продуктивной влаги в слое 0—50 см, в мм.

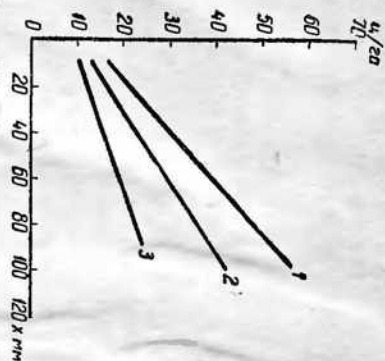


Рис. 79. Зависимость урожая зерна кукурузы от запаса продуктивной влаги в 0,5-метровом слое почвы в фазу выметывания султана для различной площади листовой поверхности ( $S$ ):  
 $1 - S = 17-24$  тыс.  $m^2$  на 1 га;  $2 - S = 9-16$  тыс.  $m^2$  на 1 га;  $3 - S = 5-8$  тыс.  $m^2$  на 1 га.

0—50 см без учета осадков, выпадающих в период выметывания султана — молочная спелость.

В годы с хорошим увлажнением почвы (70 мм и больше) в фазу выметывания султана оправдываемость прогноза высокая (85—90%). В сухие годы, если в период выметывания султана — молочная спелость выпадут значительные осадки, прогнозируемая величина урожая может быть несколько заниженной.

В целом возможная погрешность при определении урожая по формулам или графику для посевов с площадью листовой поверхности от 5 до 8 тыс.  $m^2$  на 1 га составляет  $\pm 2,55$  ц, для посевов с площадью листовой поверхности от 9 до 16 тыс.  $m^2$  на 1 га  $\pm 5,78$  ц и для группы с площадью листовой поверхности от 17 до 24 тыс.  $m^2$  на 1 га эта величина будет  $\pm 7,40$  ц.

Площадь листовой поверхности можно легко вычислить по формуле Ю. И. Чиркова, в основу которой положена высота растений:

$$S = 36,94h - 1632,8, \quad (48)$$

где  $S$  — площадь листьев одного растения в  $cm^2$ ;

$h$  — средняя высота растения в см (среднее из измерений высоты двадцати растений в одном ряду без выбора).

Формула (48) применима для растений высотой от 50 до 250 см. Зная площадь листовой поверхности одного растения и густоту посева, т. е. количество растений на 1 га, можно рассчитать площадь листовой поверхности на 1 га. Выражается она в тысячах квадратных метров на гектар.

Пример. Высота растений в фазу выметывания султана 220 см. Выметывание султана началось 20/VII. Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—50 см составляли 50 мм. На 1 га было 30 000 растений. Определить урожай зерна кукурузы.

Прежде всего необходимо вычислить площадь листовой поверхности, чтобы знать, какое уравнение следует применить для расчета урожая.

Площадь листовой поверхности одного растения в данном примере, рассчитанная по формуле (48), будет  $36,94 \times 220 - 1632,8 = 6494 \text{ см}^2$ .

Зная густоту стояния растений, определяем площадь листовой поверхности на 1 га:  $6494 \times 30\,000 = 19,4$  тыс.  $m^2$  на 1 га.

Следовательно, по площади листовой поверхности посевы относятся к третьей группе. Поэтому для расчета ожидаемого урожая применима формула (47) или верхняя линия зависимости на графике (рис. 79).

При запасах продуктивной влаги в слое 0—50 см, равных 50 мм, ожидаемый урожай зерна кукурузы составит  $0,448 \times 50 + 12,07 = 34,5$  ц с 1 га.

Таким образом, чтобы составить агрометеорологический прогноз урожая зерна кукурузы, необходимы данные по запасам продуктивной влаги в почве и высоте растений.



## АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ СПРАВОЧНИКИ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Агроклиматические условия оказывают огромное, а нередко решающее влияние на развитие сельскохозяйственного производства. Целый ряд важнейших агротехнических мероприятий, таких, как система обработки почвы, подбор сортов и гибридов сельскохозяйственных культур и другие, не могут быть правильно разработаны без знания агроклиматических условий данной местности.

В отдельные годы комплекс агротехнических мероприятий, рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяются сложившимися агрометеорологическими условиями вегетационного периода, а также предшествующего осенне-зимнего. Влияние агрометеорологических условий осенне-зимнего периода особенно важно в засушливых районах, где летние осадки не всегда компенсируют расход влаги в результате испарения.

Не всегда можно изменить агроклиматические и агрометеорологические условия в нужную сторону, но всегда можно, маневрируя сроками сева, выбором сельскохозяйственных культур, максимально использовать благоприятные условия и в значительной степени нейтрализовать неблагоприятные.

С этой целью работникам сельскохозяйственного производства необходимо хорошо знать агроклиматические ресурсы своего хозяйства и учитывать сложившиеся агрометеорологические условия при проведении всех агротехнических мероприятий.

Основным источником для характеристики агроклиматических особенностей данной местности являются областные «Агроклиматические справочники», в которых содержатся значения средних многолетних величин основных метеорологических элементов и необходимые результаты о росте и развитии сельскохозяйственных культур. Для оценки агрометеорологических условий текущего года необходимо использовать также декадные «Агрометеорологические бюллетени» и данные наблюдений агрометеостанций и постов.

Ниже излагаются указания для составления агроклиматической характеристики и характеристики агрометеорологических условий текущего года.

### Г л а в а X V . А Г Р О К Л И М А Т И Ч Е С К А Я Х А Р А К Т Е Р И С Т И К А ДАННОЙ МЕСТНОСТИ

#### ЗАДАНИЕ

1. Выписать из «Агроклиматического справочника» метеорологические данные в таблицы 39, 40, 41, 42 и данные фенологических наблюдений в таблицы 46, 47, 48. Начертить графики годового хода осадков и температуры.

168

2. Составить агроклиматическую характеристику данной местности, пользуясь заготовленными (табл. 39—42, 46—48) и справочными таблицами (табл. 43—45).

При составлении агроклиматического описания данной местности должны быть освещены следующие вопросы: 1) физико-географическая характеристика; 2) характеристика климата по сезонам; 3) агроклиматическая характеристика вегетационного периода.

В заключении агроклиматической характеристики следует указать мероприятия, которые необходимо применять в данной местности с целью улучшения агроклиматических условий роста и развития сельскохозяйственных культур (орошение, осушение, облесение и т. д.).

### § 44. Указания для составления агроклиматической характеристики

#### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Необходимость этого раздела в агроклиматическом описании вызвана тем, что на климат данной местности наряду с другими факторами оказывают влияние географическое положение и подстилающая поверхность.

При составлении этого раздела должны быть указаны широта и долгота места, характер подстилающей поверхности территории кохоза или совхоза (рельеф местности, высота над уровнем моря, преобладающий почвенный покров, реки, озера, растительность).

Исходным материалом для этого раздела являются физические и почвенные карты, сведения по местоположению агрометеостанций или агрометеопоста. Указанные карты и таблицы метеорологических станций даются в агроклиматических справочниках. Для этих целей можно использовать почвенные карты хозяйства или карты землепользования.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА ПО СЕЗОНАМ

Описание климата данной местности следует составлять по сезонам: зима, весна, лето, осень.

За начало и конец сезонов принято считать устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через определенные пределы и время установления и схода устойчивого снежного покрова.

Зима начинается, когда среднесуточная температура воздуха переходит через  $-5^{\circ}$  и устанавливается устойчивый снежный покров. Зиме предшествует предзимье — период времени со среднесуточными температурами воздуха от  $0^{\circ}$  до  $-5^{\circ}$ . Окончание зимы определяется разрушением устойчивого снежного покрова и датой перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}$ .

Весна — период времени со среднесуточной температурой воздуха выше  $0^{\circ}$ , но ниже  $+10^{\circ}$ .

С датой перехода температуры воздуха через  $+10^{\circ}$  связано начало активной вегетации сельскохозяйственных культур или начала вегетационного периода.

Для сельскохозяйственного производства очень важно знать также дату перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5^{\circ}$ . Эта дата определяет возобновление вегетации озимых культур и начало полевых работ.

Лето — период времени со среднесуточными температурами воздуха выше  $10^{\circ}$ . Выделяется также наиболее теплая часть лета — период времени с температурами выше  $15^{\circ}$ .

Осень — начало определяется датой перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+10^{\circ}$ , а конец — датой перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}$ .

Для характеристики климата совхоза или колхоза по сезонам первоначальные данные из областного агроклиматического справочника. Если в колхозе или совхозе нет метеорологической станции, используют данные справочника по ближайшей метеорологической или агрометеорологической станции.

Все необходимые исходные данные заносит в таблицы (табл. 39, 40, 41, 42).

В таблицу 39 выписывают значения основных метеорологических элементов (температура, осадки, влажность воздуха и почвы и другие). В этой таблице слева по вертикали даны названия элементов и декады, а по горизонтали вверху — месяцы.

В таблицу 40 выписывают даты перехода температуры воздуха через определенные пределы. Эти данные необходимы для определения начала и конца сезонов, а также для определения начала полевых работ и вегетационного периода.

В таблицы 41 и 42 выписывают соответственно данные по заморозкам и снежному покрову. По данным таблицы 41, можно определить даты первого заморозка осенью и последнего заморозка весной, продолжительность безморозного периода (среднюю, наибольшую, наименьшую), а по таблице 42 — даты образования и разрушения снежного покрова, а также число дней в году со снежным покровом.

Для иллюстрации изменений основных метеорологических элементов во времени могут быть построены графики. На рисунке 80 дан график годового хода температуры и осадков. По оси абсцисс в выбранном масштабе отложены месяцы, а по оси ординат — средняя температура воздуха и количество осадков. Ход температуры воздуха изображен плавной кривой, а ход осадков представлен диаграммой.

Аналогичные графики можно построить и для других важных метеорологических показателей, причем не только для средних месячных величин, но и средних декадных. Для этого при построении графика каждый месяц разбивается на три равные части, соответствующие I, II, III декадам.

Таблица 39  
Значение основных метеорологических элементов по декадам

| Метеорологические элементы                                        | Декада      | Месяцы |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|--------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|----|----|-----|
|                                                                   |             | I      | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|                                                                   |             | 1      | 2  | 3   | 4  | 5 | 6  | 7   | 8    | 9  | 10 | 11 | 12  |
| Средняя декадная температура воздуха (град.)                      | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Средняя из абсолютных минимумов температуры воздуха (град.)       | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Сумма среднесуточных температур воздуха выше $10^{\circ}$ (град.) | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Среднее количество осадков (мм)                                   | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Средняя относительная влажность воздуха в 13 час. (%)             | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Число дней с относительной влажностью $\leq 30\%$                 | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Среднедекадный дефицит влажности воздуха (мм)                     | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Среднее число дней с суховетьями                                  | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Высота снежного покрова (см)                                      | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—100 см (мм)            | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| а) озимые<br>б) яровые *                                          | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—20 см (мм)             | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| а) озимые<br>б) яровые                                            | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |
| Гидротермический коэффициент за весь вегетационный период         | 1<br>2<br>3 |        |    |     |    |   |    |     |      |    |    |    |     |

\* Берется культура, профилирующая в данной местности.

После того как подготовлены соответствующие таблицы и графики, составляется текст описания климата по сезонам.

При характеристике каждого сезона необходимо подробно описать термический режим и количество выпадающих осадков как за весь сезон, так и распределение их по сезонам. Кроме того, для зимы



Даты перехода и число дней со среднесуточной температурой ниже  $-5^{\circ}$ , выше  $0^{\circ}$ , выше  $10^{\circ}$ , выше  $15^{\circ}$ 

| Станции | Ниже $-5^{\circ}$ |       |                        | Выше $0^{\circ}$ |       |                        | Выше $5^{\circ}$ |       |                        | Выше $10^{\circ}$ |       |                        | Выше $15^{\circ}$ |       |                        |
|---------|-------------------|-------|------------------------|------------------|-------|------------------------|------------------|-------|------------------------|-------------------|-------|------------------------|-------------------|-------|------------------------|
|         | начало            | конец | продолжи-<br>тельность | начало           | конец | продолжи-<br>тельность | начало           | конец | продолжи-<br>тельность | начало            | конец | продолжи-<br>тельность | начало            | конец | продолжи-<br>тельность |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |
|         |                   |       |                        |                  |       |                        |                  |       |                        |                   |       |                        |                   |       |                        |

Таблица 41

Даты последнего и первого заморозков и продолжительность безморозного периода

| Станция | Последнего заморозка весной |              |               | Первого заморозка осенью |              |               | Продолжительность безморозного периода |            |            |
|---------|-----------------------------|--------------|---------------|--------------------------|--------------|---------------|----------------------------------------|------------|------------|
|         | средняя                     | самая ранняя | самая поздняя | средняя                  | самая ранняя | самая поздняя | средняя                                | наименьшая | наибольшая |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |
|         |                             |              |               |                          |              |               |                                        |            |            |

Таблица 42

Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова и число дней в году со снежным покровом

| Станция | Число дней в году со снежным покровом |              |               | Устойчивый снежный покров |                 |             | Устойчивый снежный покров высотой 10 см и более |         |               |
|---------|---------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------|---------|---------------|
|         | средняя                               | самая ранняя | самая поздняя | дата образования          | дата разрушения | дата начала | дата окончания                                  | средняя | самая поздняя |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |
|         |                                       |              |               |                           |                 |             |                                                 |         |               |

указываются еще высота снежного покрова, даты установления и разрушения его, число дней с оттепелью и дается оценка суровости зим. Суровость зимы оценивают по среднему из абсолютных минимумов температуры воздуха (табл. 43).

Для весны и осени наряду с температурой и количеством осадков должны быть указаны даты начала и конца заморозков, их

Характеристика зимы

Средний из абсолютных минимумов температур

| мелкая   | умеренно мелкая | умеренно холодная | холодная | очень холодная | сумми    |
|----------|-----------------|-------------------|----------|----------------|----------|
| -10, -20 | -20, -25        | -25, -30          | -30, -35 | -35, -40       | -40, -45 |

повторяемость, а также число дней с засухой и суховесом. Очень важно отметить даты перехода температуры воздуха через  $+5^{\circ}$ . Весной эта дата характеризует начало полевых работ, а осенью — прекращение вегетации.

Лето — наиболее важный период года для сельскохозяйственного производства. Для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур необходимо определенное сочетание метеорологических факторов. Основными из них являются тепло и влага. Для термической характеристики лета наряду со средними, минимальными и максимальными значениями температуры воздуха нужно использовать сумму температур выше  $10^{\circ}$ . Этот показатель позволяет разрешить вопрос подбора сельскохозяйственных культур в данной местности, а также возможность пожнивных посевов, то есть возможность получения двух урожаев в один вегетационный период. В таблице 44 приводятся суммы температур выше  $10^{\circ}$ , необходимые для созревания некоторых сельскохозяйственных культур. Пользуясь этой таблицей и данными о сумме температур выше  $10^{\circ}$  в данной местности (табл. 39), можно определить, какие культуры целесообразно возделывать в этой местности. Так как в агроклиматических справочниках сумма температур выше  $10^{\circ}$  указана с нарастающим итогом, то, зная сумму температур выше  $10^{\circ}$ , необходимо для вегетации данной культуры, можно определить также время окончания вегетации и возможность посева поживной культуры.

Вторым ведущим фактором роста и развития сельскохозяйственных культур являются условия увлажнения. Для оценки их используются общее количество осадков за весь летний период. Распределение по месяцам и гидротермический коэффициент (ГТК), который представляет собой отношение осадков к испарению. На практике гидротерми-

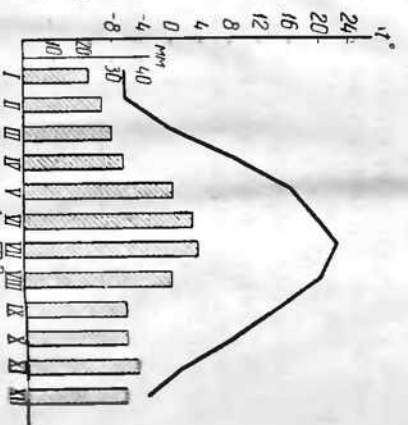


Рис. 80. Годовой ход температуры и осадков: 1 — температура воздуха; 2 — осадки

Потребность в тепле некоторых сельскохозяйственных культур  
и начальная температура прорастания семян

| Культура                                    | Начальная температура прорастания семян (в °) | Сумма температур выше 10°, необходимая при технической спелости (в °) | Культура                                | Начальная температура прорастания семян (в °) | Сумма температур выше 10°, необходимая при технической спелости (в °) |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Редис, салат, лук на перо . . . . .         | —                                             | 100—400                                                               | Кинуста, кочанная, средние сорта        | 13—15                                         | 1300                                                                  |
| Турнепс, репа . . . . .                     | 5—6                                           | 700—900                                                               | Огурцы, первый сбор                     | 15                                            | 1500                                                                  |
| Фасоль . . . . .                            | 8—10                                          | 1000—1600                                                             | Свекла столовая, моркови . . . . .      | 4—5                                           | 1400                                                                  |
| Горох . . . . .                             | 5—6                                           | 1000—1500                                                             | Огурцы для полного созревания . . . . . | 4—5                                           | 1900—2100                                                             |
| Картофель, ранние сорта . . . . .           | 7—8                                           | 1000—1200                                                             | Свекла сахарная . . . . .               | 4—5                                           | 2000                                                                  |
| Картофель, средние сорта . . . . .          | —                                             | 1200—1600                                                             | Кукруза, ранние сорта . . . . .         | 8—10                                          | 1900—2100                                                             |
| Картофель, поздние сорта . . . . .          | —                                             | 1600—2000                                                             | Кукруза, средние сорта . . . . .        | —                                             | 2100—2500                                                             |
| Яровая пшеница . . . . .                    | 5—6                                           | 1600—1900                                                             | Кукруза, поздние сорта . . . . .        | —                                             | 2500—2700                                                             |
| Ячмень . . . . .                            | —                                             | 1300—1600                                                             | Виноград, ранние сорта . . . . .        | —                                             | 2500—2800                                                             |
| Овес . . . . .                              | —                                             | 1000—1800                                                             | Виноград, поздние сорта . . . . .       | —                                             | 3000—3500                                                             |
| Лен на волокно . . . . .                    | —                                             | 800—1600                                                              | Хлопчатник, ранние сорта . . . . .      | 12—15                                         | 2700—3000                                                             |
| Гречиха . . . . .                           | —                                             | 1200—1500                                                             | Хлопчатник, поздние сорта . . . . .     | —                                             | 4500—4800                                                             |
| Подсолнечник . . . . .                      | 8—10                                          | 1800—2600                                                             | Питуровые . . . . .                     | —                                             | 4000                                                                  |
| Просо . . . . .                             | 8—10                                          | 1300—1600                                                             |                                         |                                               |                                                                       |
| Помидоры (для полного созревания) . . . . . | 14—16                                         | 1800—2000                                                             |                                         |                                               |                                                                       |
| Озимая пшеница . . . . .                    | —                                             | 1300—1600                                                             |                                         |                                               |                                                                       |

чекский коэффициент определяется как отношение количества осадков к сумме температур ( $\Sigma t$ ) выше 10°, уменьшенной в 10 раз:

$$ГТК = \frac{\Sigma t : 10}{\text{осадки}}$$

Если ГТК больше 1, то условия увлажнения в данной местности будут удовлетворительными. В засушливых районах ГТК меньше 1. В таблице 45 дана оценка обеспеченности влагой по величине ГТК.

## Обеспеченность влагой

Т а б л и ц а 45

| Зона увлажнения            | ГТК     |
|----------------------------|---------|
| Влажная . . . . .          | 1,6—1,3 |
| Слабозасушливая . . . . .  | 1,3—1,0 |
| Засушливая . . . . .       | 1,0—0,7 |
| Очень засушливая . . . . . | 0,7—0,4 |

Так как во многих районах нашей страны, особенно на юге, довольно часто бывают засухи и суховеи, то при описании климата летнего сезона необходимо отметить повторяемость засух и суховеев в данной местности. Если в данной местности летом бывают опасные заморозки, то следует указать также их вероятность.

## АГРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Агроклиматическая характеристика условий роста и развития сельскохозяйственных культур должна базироваться на описании климата по сезонам и на метеорологических данных, использованных при этом (табл. 39, 40, 41, 42).

Кроме того, для оценки агроклиматических условий вегетационного периода необходимы также даты наступления основных фаз развития, наиболее распространенных в данной местности сельскохозяйственных культур. Эти даты выписывают из агроклиматического справочника в таблицы (табл. 46, 47, 48).

Т а б л и ц а 46

## Даты наступления фаз развития озимых культур

| Сорт | Дата сева | Всходы | Третий лист | Кушение | Прекращение вегетации | Возобновление вегетации | Выход в трубку | Колошение | Цветение | Молочная спелость | Восковая спелость |
|------|-----------|--------|-------------|---------|-----------------------|-------------------------|----------------|-----------|----------|-------------------|-------------------|
|      |           |        |             |         |                       |                         |                |           |          |                   |                   |

В таблицу 46 записывают даты наступления фаз развития озимых культур, в таблицу 47 — даты наступления фаз развития ранних яровых культур, причем берется профилирующая в данной местности культура (яровая пшеница, ячмень, овес).

Таблица 48 служит для записи дат наступления фаз развития кукрузы, имеющей большое распространение в южных районах нашей страны.

Т а б л и ц а 47

## Даты наступления фаз развития ранних яровых культур

| Культура | Сорт | Посев | Всходы | Третий лист | Кушение | Выход в трубку | Колошение | Цветение | Молочная спелость | Восковая спелость |
|----------|------|-------|--------|-------------|---------|----------------|-----------|----------|-------------------|-------------------|
|          |      |       |        |             |         |                |           |          |                   |                   |

На основании климатической характеристики данной местности и дат основных фаз развития сельскохозяйственных культур надо дать анализ агроклиматических условий роста и развития растений на различных этапах.

При описании агроклиматических условий вегетационного периода необходимо особо обратить внимание на периоды семян,



Даты наступления фаз развития кукурузы

| Сорт | Посев | Всходы | Третий лист | Выметывание султана | Цветение | Молочная спелость | Восковая спелость | Полная спелость |
|------|-------|--------|-------------|---------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------------|
|      |       |        |             |                     |          |                   |                   |                 |

появления всходов, кушения, колошения, цветения, налива зерна и созревания, а также показать, для каких культур наиболее благоприятные агроклиматические условия наблюдаются в данной местности.

В период весеннего сева сельскохозяйственных культур большое значение имеют влажность почвы и температура. Чтобы правильно определить срок сева, нужно знать начальную температуру прорастания семян (табл. 44). Для прорастания семян запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—20 см должны быть не меньше 20 мм. Особенно надо следить за влажностью почвы в период сева озимых, так как в отдельные годы запасы продуктивной влаги в почве к этому времени могут быть значительно ниже 20 мм.

В период всходов в качестве дополнения к термическому режиму и условиям увлажнения следует указать на вероятность заморозков.

В другие фазы развития растений температура воздуха, количество осадков и влажность почвы также являются важными агроклиматическими показателями, причем запасы продуктивной влаги в эти периоды надо знать как в слое 0—20 см, так и в слое 0—100 см. Уменьшение запасов продуктивной влаги в слое 0—100 см до 80 мм и ниже свидетельствует об ухудшении условий увлажнения, то есть о развитии засухи. Для характеристики засушливых периодов могут быть использованы число дней с относительной влажностью меньше 30% и повторяемость суховея.

## ГЛАВА XVI. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕКУЩЕГО ГОДА

### ЗАДАНИЕ

1. Выписать метеорологические данные за осенне-зимний и вегетационный периоды текущего года и многолетние средние, рассчитать отклонения от нормы (табл. 49—54). Начертить графики хода основных метеорологических элементов за соответствующие периоды.

2. Составить описание агрометеорологических условий осенне-зимнего и вегетационного периодов.

Исходными данными для составления описания агрометеорологических условий являются декадные «Агрометеорологические бюллетени» или наблюдения метеорологических станций и постов. Для

анализа сложившихся агрометеорологических условий текущего года используются также для сравнения многолетние средние значения, или, как их принято называть, нормы, из «Агроклиматического справочника».

### § 45. Агрометеорологическая характеристика осенне-зимнего периода

Агрометеорологические условия осенне-зимнего периода имеют большое значение прежде всего для озимых культур. Возможность сева, густота всходов (число растений на 1 м<sup>2</sup>) и степень кушения зависят от агрометеорологических условий, которые наблюдались осенью как в период сева, так и во время осенней вегетации.

Важным фактором во время сева озимых являются запасы продуктивной влаги в пахотном горизонте. Нормальные условия прорастания семян и появления всходов обеспечивают запасы продуктивной влаги 20 мм и больше в слое почвы 0—20 см. В период осенней вегетации озимых большое значение имеют условия увлажнения и температурный режим.

Перезимовка посевов озимых зависит от их состояния, температурных условий и высоты снежного покрова. В малоснежные зимы при значительных понижениях температуры может быть вымерзание озимых. Неблагоприятно сказываются на состоянии озимых также резкие колебания температуры, частые и продолжительные оттепели, гололед.

Для анализа агрометеорологических условий осенне-зимнего периода в первую очередь необходимо подготовить данные по температуре воздуха, количеству осадков, высоте снежного покрова и запасам продуктивной влаги в почве в слоях 0—20 и 0—100 см за январь, февраль и март текущего года и с августа по декабрь предшествующего года. Метеорологические данные за август и сентябрь необходимы для оценки условий в период сева озимых.

Метеорологические данные записывают в таблицы по принятым формам (табл. 49, 50). В каждой таблице в первой строке записывают данные текущего года из таблиц метеорологических наблюдений или декадных агрометеорологических бюллетеней, во

Т а б л и ц а 49

Даты перехода среднесуточной температуры через определенные пределы и даты установления и разрушения снежного покрова

|                     | Осенью |    |    | Весной | Дата установления снежного покрова | Дата разрушения снежного покрова |
|---------------------|--------|----|----|--------|------------------------------------|----------------------------------|
|                     | +5     | +0 | -5 | 0°     |                                    |                                  |
| 196—г.              |        |    |    |        |                                    |                                  |
| Многолетняя         |        |    |    |        |                                    |                                  |
| Отклонение от нормы |        |    |    |        |                                    |                                  |

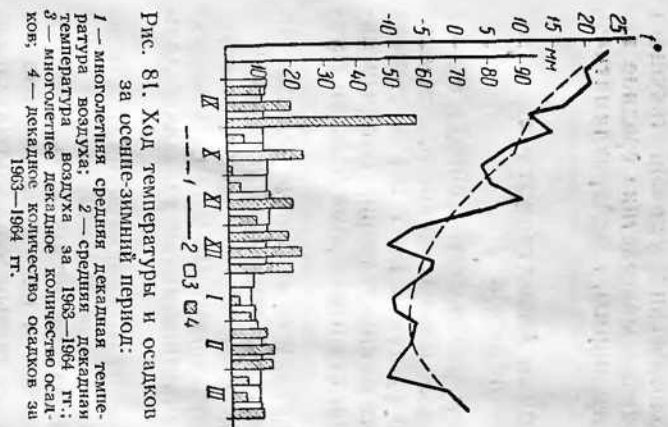


Рис. 81. Ход температуры и осадков за осенне-зимний период:  
1 — многолетняя средняя декадная температура воздуха; 2 — средняя декадная температура воздуха за 1963—1964 гг.; 3 — многолетнее декадное количество осадков; 4 — декадное количество осадков за 1963—1964 гг.

предзимья и конец зимы, через  $-5^{\circ}$  — начало зимы. В эту же таблицу выписывают даты образования и разрушения снежного покрова.

В таблицу 50 выписывают данные по температуре воздуха, количеству осадков, высоте снежного покрова и запасам продуктивной влаги в почве по зяби и под озимыми. Данные по запасам продуктивной влаги в почве можно записывать дробью, например, в числителе — запасы продуктивной влаги под зябью, в знаменателе — под озимыми.

Для сравнения основных метеорологических элементов с многолетними средними строят графики. На рисунке 81 дан график хода среднесуточной температуры и осадков за осенне-зимний период по данным Лутанской агрометстанции за 1963—1964 гг.

На графике многолетней средней температура дана пунктирной кривой, осадки — белыми прямоугольниками, а за 1963—1964 гг. температура — сплошной линией, осадки — заштрихованными прямоугольниками. Графики могут быть построены для любых метеорологических показателей.

Как видно из графика, осенне-зимний период 1963—1964 гг. отличается большим количеством осадков и довольно высокими температурами осенью и сравнительно низкими зимой. В результате большого количества осадков осенью почва была хорошо увлажнена. Поэтому условия для сева и осенней вегетации озимых

второй строчке — многолетние средние величины или нормы из агроклиматического справочника, в третью заносит отклонения от нормы, которые представляют собой разность между данными текущего года и многолетними средними. Если полученная разность имеет знак плюс, значит в текущем году было теплее (когда речь идет о температуре), если знак минус, то холоднее. При анализе осадков положительно на разность свидетельствует о том, что осадков выпало больше нормы, отрицательная — меньше нормы и т. д.

В таблицу 49 заносит сведения о датах перехода среднесуточной температуры воздуха через  $+5, 0$  и  $-5^{\circ}$ . Переход среднесуточной температуры воздуха через  $+5^{\circ}$  характеризует окончание вегетации озимых, а переход температуры через  $0^{\circ}$  — начало зимы.

Таблица 50

Метеорологические данные за осенне-зимний период 196 — 196 — года

метеорологические данные за осенне-зимний период 196—196 гг.

|                                                         | 196—г. |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   | 196—г. |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
|---------------------------------------------------------|--------|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|----|---|---|-----|---|---|--|
|                                                         | VIII   |   |   | IX |   |   | X |   |   | XI |   |   | XII    |   |   | I |   |   | II |   |   | III |   |   |  |
|                                                         | 1      | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1      | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 |  |
| Средняя температура воздуха (град.)                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Многолетняя                                             |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Отклонение от нормы                                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Максимальная температура воздуха (абсолютная)           |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Минимальная температура воздуха (абсолютная)            |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Количество осадков (мм)                                 |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Многолетнее                                             |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Отклонение от нормы                                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Высота снежного покрова (см)                            |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Многолетняя                                             |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Отклонение от нормы                                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—20 см (мм) * |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Многолетние                                             |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Отклонение от нормы                                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| В слое 0—100 см (мм) *                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| 196—г.                                                  |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Многолетние                                             |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |
| Отклонение от нормы                                     |        |   |   |    |   |   |   |   |   |    |   |   |        |   |   |   |   |   |    |   |   |     |   |   |  |

\* Запасы продуктивной влаги в почве записываются дробью: числитель — под зябью, знаменатель — под озимыми.



были вполне удовлетворительными. Большое количество осадков за холодное время года обусловило также хорошее увлажнение почвы к началу весны.

#### § 46. Агрометеорологическая характеристика вегетационного периода

Агрометеорологические условия вегетационного периода оказывают влияние на рост, развитие и урожайность всех сельскохозяйственных культур.

ственных культур. От условий увлажнения почвы и степени прогрева ее зависят сроки сева и глубина заделки семян. Температурный режим и условия увлажнения играют важную роль в течение всего вегетационного периода. Длительные периоды бездождья и высокие температуры воздуха приводят к иссушению почвы и ответственности к замедлению роста растений и снижению урожайности. Частичное повреждение растений, а иногда и полная гибель некоторых из них может произойти в результате поздних весенних заморозков или ранних осенних, а также вследствие продолжительных засух, суховеев.

В таблицу 51 записывают основные метеорологические элементы за текущий год (температура воздуха и почвы, количество осадков и др.) по данным наблюдений метеорологических станций или из данных агрометеорологических бюллетеней, и многолетние средние величины из агроклиматического справочника. На основании этих данных рассчитывают отклонения от нормы, которые заносит в таблицу 52. Отклонения от нормы определяются как разность между данными текущего года и многолетними средними.

В таблицу 54 выписывают даты окончания заморозков весной и начала их осенью как за текущий год, так и многолетние средние и отклонения от нормы.

На рисунке 82 дан график хода температуры и осадков по агрометеостанции Лутанск за 1964 г. Многолетние величины температуры

[illegible]

Средняя температура воздуха (град.)  
Максимальная температура воздуха (абсолютная) (град.)  
Температура почвы на глубине 10 см (град.)  
Количество осадков (мм)  
Относительная влажность воздуха в 13 часов (%)  
Число дней с относительной влажностью  $\leq 30\%$   
Дефицит влажности воздуха в 13 часов (мм)  
Запасы продуктивной влаги в слое 0—20 см (мм)  
Запасы продуктивной влаги в слое 0—100 см (мм)  
Скорость ветра (м/сек)

## Многолетние средние

|                                                   |         |                         |
|---------------------------------------------------|---------|-------------------------|
| Температура воздуха                               | (град.) | Количество осадков (мм) |
| Относительная влажность воздуха в 13 часов (%)    |         |                         |
| Число дней с относительной влажностью $\leq 30\%$ |         |                         |
| Дефицит влажности воздуха в 13 часов (мм)         |         |                         |
| Запасы продуктивной влаги в слое 0—20 см (мм) *   |         |                         |
| Запасы продуктивной влаги в слое 0—100 см (мм)    |         |                         |

\* В числителе — под проводом, в знаменателе — под озымом.

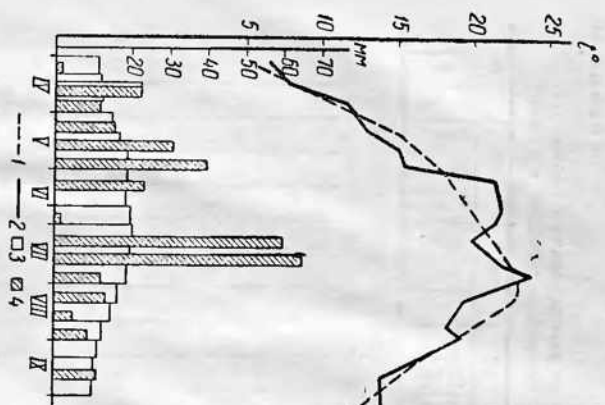


Рис. 82. Ход температуры и осадков за вегетационный период:  
1 — многолетняя средняя декадная температура воздуха; 2 — средняя декадная температура воздуха за 1964 г.; 3 — многолетняя декадная количество осадков; 4 — декадное количество осадков за 1964 г.

изображены на графике тунктирной линией, осадки — белыми прямоугольниками. Температура воздуха текущего года показана сплошной линией, осадки — заштрихованными прямоугольниками. Из приведенного графика следует, что в 1964 г. почти все лето температура воздуха была ниже нормы, а количество осадков — выше нормы, особенно много выпало их в конце весны и середине лета.

На основании полученных таблиц и графика составляется агрометеорологическая характеристика вегетационного периода. Вначале дается общая оценка агрометеорологических условий вегетационного периода текущего года в сравнении с многолетними средними. После этого рассматриваются агрометеорологические условия отдельных периодов роста и развития растений и влияние их на урожайность сельскохозяйственных культур.

Очень важным является весенний период. В это время проводится сева ранних и поздних яровых культур, высадка рассады в грунт и т. д. Поэтому необходимо подробно осветить характер этого периода года: начало весны и полевых работ, степень прогрева почвы, количество осадков, запасы продуктивной влаги в пахотном горизонте и метровом слое почвы, возможность заморозков. Эти данные позволяют обосновать сроки сева или иных сельскохозяйственных культур, нормы высева, глубину заделки семян, необходимость внесения удобрений и характер обработки почвы. По запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы можно судить также об ожидаемой урожайности озимых культур.

В летний период во время роста и развития растений, вплоть до уборки урожая, очень важными показателями являются температурный режим и условия увлажнения.

В этот период необходимо следить за максимальными и минимальными температурами. Резкие повышения температуры (выше 30—35°) при недостатке влаги сопровождаются не только замедлением роста, но и повреждением растений. Значительные понижения температуры (ниже 10°) также могут вызывать замедление роста особенно требовательных к теплу культур (кукурузы, огурцов и др.).

Таблица 10  
Отклонения от нормы метеорологических данных за вегетационный период 1964 г.

| Метеорологические элементы                          | IV |   | V |   | VI |   | VII |   | VIII |   | IX |   |
|-----------------------------------------------------|----|---|---|---|----|---|-----|---|------|---|----|---|
|                                                     | 1  | 2 | 3 | 1 | 2  | 3 | 1   | 2 | 3    | 1 | 2  | 3 |
| Температура воздуха (град.)                         |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Количество осадков (мм)                             |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Относительная влажность воздуха в 13 часов (%)      |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Число дней с относительной влажностью воздуха < 30% |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Дефицит влажности воздуха в 13 часов (мм)           |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Запасы продуктивной влаги в слое 0—20 см (мм)       |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |
| Запасы продуктивной влаги в слое 0—100 см (мм)      |    |   |   |   |    |   |     |   |      |   |    |   |

Таблица 11  
Даты перехода среднесуточной температуры воздуха через определенные пределы

|                     | Весна |    |     |     |    | Осень |     |     |  |  |
|---------------------|-------|----|-----|-----|----|-------|-----|-----|--|--|
|                     | 0°    | 5° | 10° | 15° | 0° | 5°    | 10° | 15° |  |  |
| 196—г.              |       |    |     |     |    |       |     |     |  |  |
| Многолетняя         |       |    |     |     |    |       |     |     |  |  |
| Отклонения от нормы |       |    |     |     |    |       |     |     |  |  |

Таблица 12  
Даты начала, конца и продолжительность безморозного периода

|                     | Дата начала |             |                     | Дата конца |             |                     | Продолжительность безморозного периода (дни) |             |                     |
|---------------------|-------------|-------------|---------------------|------------|-------------|---------------------|----------------------------------------------|-------------|---------------------|
|                     | 196—г.      | Многолетняя | Отклонения от нормы | 196—г.     | Многолетняя | Отклонения от нормы | 196—г.                                       | Многолетняя | Отклонения от нормы |
| 196—г.              |             |             |                     |            |             |                     |                                              |             |                     |
| Многолетняя         |             |             |                     |            |             |                     |                                              |             |                     |
| Отклонения от нормы |             |             |                     |            |             |                     |                                              |             |                     |

При анализе условий увлажнения летнего периода должны быть учтены выпавшие осадки за весь период и по декадам, запасы продуктивной влаги в почве и влажность воздуха.

В результате длительного безморозья и высоких температур летом могут значительно понижаться относительная влажность



## УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

воздуха и запасы продуктивной влаги в почве. Понижение относительной влажности воздуха до 30% и меньше отрицательно отражается на росте и развитии растений. Поэтому при продолжительных периодах с относительно влажностью воздуха меньше 30% замедляется рост и развитие сельскохозяйственных культур, а также снижается их урожай.

Состояние посевов находится в большой зависимости от запасов продуктивной влаги в почве. При хорошем увлажнении почвы создаются благоприятные условия для формирования урожая. Уменьшение запасов продуктивной влаги в верхнем горизонте (0—20 см) до 9 мм, а в метровом слое до 80 мм характеризует начало сухого периода. Продолжительный период с недостаточным запасом продуктивной влаги вызывает значительное снижение урожая, особенно если иссушение пахотного слоя почвы происходит в наиболее ответственные фазы развития растений.

Знание запасов продуктивной влаги в почве позволяет определить сроки полива и рассчитать оросительные нормы. Кроме того, запасы продуктивной влаги в пахотном слое определяют целесообразность внесения минеральных удобрений. Если в слое 0—10 см запасы продуктивной влаги близки к 0, то летние подкормки не дают положительного эффекта.

Таким образом, анализ сложившихся агрометеорологических условий позволяет определить степень благоприятности их для различных сельскохозяйственных культур (озимых, ранних и поздних зерновых и др.) и уточнить комплекс агротехнических мероприятий, направленных на максимальное использование благоприятных и ликвидацию неблагоприятных метеорологических факторов.

Важным звеном в агрометеорологической подготовке студентов агрономов является учебная практика. За время учебной практики студенты должны получить навыки ведения основных метеорологических, агрометеорологических и микроклиматических наблюдений, а также научиться использовать результаты наблюдений в практике сельскохозяйственного производства.

При двух днях учебной практики целесообразно один день посвятить наблюдениям на агрометеорологической станции, а второй день — микроклиматическим наблюдениям. Наблюдения на метеостанции в этом случае проводятся в течение дня по графику. Если на учебную практику отводится больше двух дней, то наблюдения на метеостанции следует проводить круглосуточно в основные сроки наблюдений. При круглосуточных наблюдениях предельно ставится возможность проследить за суточным ходом основных метеорологических элементов и проверить оправданность прогнозов заморозков и потопы.

Наблюдения на метеорологической станции и микроклиматические наблюдения записываются в таблицы (табл. 55 и 56).

Объем работы в период учебной практики определяется заданиями. В соответствии с заданиями по учебной практике составляется письменный отчет, к которому прилагаются таблицы наблюдений, графики и расчеты.

## ЗАДАНИЕ ПЕРВОЕ

1. Ознакомиться с организацией агрометеорологических станций и постов. Усвоить требования, предъявляемые к выбору места метеорологических площадок и наблюдательных участков, а также правила установки приборов и порядок наблюдений по ним.
2. Провести метеорологические и агрометеорологические наблюдения. Обработать полученные данные.
3. Построить графики хода основных метеорологических элементов (температуры, влажности и др.) по данным наблюдений и дать анализ их.
4. Рассчитать ожидаемую минимальную температуру по методу Михалевского.
5. Составить прогноз погоды по местным признакам.

Необходимые сведения для выполнения первого задания и составления отчета изложены в соответствующих разделах практического курса (введение, разделы I и II).

## ЗАДАНИЕ ВТОРОЕ

1. Изучить методику микроклиматической маршрутной съемки.
2. Подготовить необходимые приборы и провести измерения основных метеорологических элементов в выбранных точках по ходу «туда» и «обратно».
3. Провести обработку и анализ полученных данных наблюдений.

Пояснения к выполнению второго задания излагаются ниже.

### МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

*Микроклиматом* называются местные особенности климата, обусловленные неоднородностью подстилающей поверхности.

Неоднородность подстилающей поверхности вызывает различия в ходе метеорологических элементов даже в близко расположенных пунктах. Например, температура воздуха на южных склонах выше, а в котловинах ночью ниже, чем на ровном открытом месте; на лесных полянах продолжительность безморозного периода меньше, а на побережье водоемов — больше по сравнению с открытым местом.

Микроклиматические особенности распространяются по вертикали до 1,5—2 м. Больше выражены они вблизи земной поверхности, то есть там, где находятся сельскохозяйственные растения. Поэтому сведения о микроклимате представляют большой интерес для сельскохозяйственного производства. Кроме того, значительные различия в ходе метеорологических элементов наблюдаются и на посевах сельскохозяйственных культур.

Для количественной оценки микроклиматических особенностей необходимы или одновременные наблюдения в точках с различной подстилающей поверхностью, или микроклиматическая маршрутная съемка. Для изучения микроклимата большой территории (колхоз, совхоз) первым методом необходимо несколько комплектов соответствующих приборов. Поэтому наиболее распространенным методом является маршрутная микроклиматическая съемка.

Микроклиматическая маршрутная съемка заключается в том, что наблюдатель с набором необходимых приборов обходит последовательно ряд точек и делает соответствующие наблюдения. Для уменьшения ошибок, которые могут возникнуть в результате неодновременности наблюдений, выбранный маршрут проходит дважды. Измерения в каждой точке проводят по ходу «туда» и «обратно» и сравнивают между собой средние значения метеорологических элементов из двух отчетов. В этом случае ошибка, которая может возникнуть в результате неодновременности наблюдений, не превышает точность отсчетов по приборам.

Для получения более достоверных результатов микроклиматическую съемку следует проводить рано утром или в полдень, когда изменение метеорологических элементов во времени происходит

сравнительно медленно. Длина маршрута должна быть такой, чтобы его можно было пройти по ходу «туда» и «обратно» за 1,5—2 часа.

В сельскохозяйственной практике чаще всего необходимо иметь сведения о температуре почвы и воздуха, влажности воздуха, направлении и скорости ветра. Эти метеорологические элементы можно измерить аспирационным психрометром, термометром-пупом, ручным анемометром, испроном вымпелом или ветромером Третьякова.

Для микроклиматической маршрутной съемки группу студентов разделиют на 4—5 бригад, в зависимости от наличия приборов. Каждая бригада, подготовив приборы, выходит в маршрут и проводит измерения по ходу «туда» и «обратно» в 5—6 точках с разным характером подстилающей поверхности (пар, посевы зерновых культур, лесополоса, побережье водоема и т. д.). На последней точке измерения проводятся только один раз. Запись наблюдений ведут по прилагаемой форме (табл. 56, для трех точек).

Обработка результатов наблюдений заключается в вычислении средних из двух отчетов, введении соответствующих поправок и определении величин влажности воздуха.

После этого анализируют полученные данные: указывают причины, обуславливающие те или иные различия в ходе метеорологических элементов в точках с различной подстилающей поверхностью и составляют письменный отчет. В отчете должны быть освещены следующие вопросы.

1. Методика микроклиматической маршрутной съемки.
2. Приборы, использованные для микроклиматических наблюдений.
3. Результаты анализа микроклиматических наблюдений.
4. Выводы о преимуществах и недостатках в микроклиматическом отношении для сельскохозяйственного производства отдельных участков с различной подстилающей поверхностью.



| Дата                                     |                               |        | Время  |          |                               | Время  |          |                               | Время  |          |                               |
|------------------------------------------|-------------------------------|--------|--------|----------|-------------------------------|--------|----------|-------------------------------|--------|----------|-------------------------------|
| Облачность                               | Количество облаков            | общая  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | нижняя |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Форма облаков                 |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Высота нижней границы облаков |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Ветер                                    | Направление                   |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Скорость в м/сек              |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Осадки в мм                              |                               |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Атмосферные явления                      |                               |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Состояние поверхности почвы              |                               |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               |        | Отсчет | Поправка | Исправ-<br>ленная<br>величина | Отсчет | Поправка | Исправ-<br>ленная<br>величина | Отсчет | Поправка | Исправ-<br>ленная<br>величина |
| Температура<br>почвы на по-<br>верхности | Срочный термометр             |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Минимальный термо-<br>метр    | спирт  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | штифт  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Максимальный термо-<br>метр   | отсчет |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| после встряхивания                       |                               |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| глубине                                  | Термометры Савиннова          | 05 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 10 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 15 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 20 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Температура почвы на                     | Вытяжные термо-<br>метры      | 20 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 40 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 60 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 80 см  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 120 см |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 160 см |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 240 см |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | 320 см |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| Температура воз-<br>духа                 | „Сухой“ термометр             |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | „Смоченный“ термометр         |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Минимальный термо-<br>метр    | спирт  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | штифт  |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Максимальный термо-<br>метр   | отсчет |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
| после встряхивания                       |                               |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | гигрометр (г)                 |        |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |
| Влажность<br>воздуха по<br>психрометру   | абсолютная (e)                |        |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |
|                                          | относительная (r)             |        |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |
|                                          | дефицит (d)                   |        |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |
|                                          | точка росы (τ)                |        |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |        | ×        | ×                             |
| Давление<br>воздуха                      | Температура при барометре     |        |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          | Давление по<br>барометру      | мб     |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |
|                                          |                               | мм     |        |          |                               |        |          |                               |        |          |                               |

Форма записи наблюдений в маршруте

| Метеорологические наблюдения |                                                      |  | I точка |         |         |          | Исправленное значение | II точка |         |         |          | Исправленное значение | III точка |          | Исправленное значение |
|------------------------------|------------------------------------------------------|--|---------|---------|---------|----------|-----------------------|----------|---------|---------|----------|-----------------------|-----------|----------|-----------------------|
|                              |                                                      |  | время   |         |         | поправка |                       | время    |         |         | поправка |                       | время     |          |                       |
|                              |                                                      |  | отсчет  |         |         |          |                       | отсчет   |         |         |          |                       | отсчет    | поправка |                       |
|                              |                                                      |  | туда    | обратно | среднее |          |                       | туда     | обратно | среднее |          |                       |           |          |                       |
| Давление воздуха             | температура анероида<br>давление по анероиду         |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Температура                  | „смоченного“ термометра<br>„сухого“ термометра       |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Влажность воздуха.           | абсолютная<br>относительная<br>дефицит<br>точка росы |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Температура почвы на глубине | 10 см                                                |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Ветер                        | направление<br>скорость                              |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Облачность в баллах          | общая<br>нижняя                                      |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Формы облаков                | верхнего яруса<br>среднего яруса<br>нижнего яруса    |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |
| Атмосферные явления          |                                                      |  |         |         |         |          |                       |          |         |         |          |                       |           |          |                       |

Бригада

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Среднее солнечное время в истинный полдень

| Число | Месяца |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | I      |       | II    |       | III   |       | IV    |       | V     |       | VI    |       | VII   |       | VIII  |       | IX    |       | X     |       | XI    |       | XII   |       |
|       | час.   | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  | час.  | мин.  |
| 1     | 12 03  | 12 14 | 12 13 | 12 04 | 11 57 | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 12 00 | 11 50 | 11 44 | 11 49 | 12 03 | 12 14 | 12 13 | 12 04 | 11 57 | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 12 00 | 11 50 | 11 44 | 11 49 |
| 2     | 12 03  | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 04 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 12 00 | 11 50 | 11 44 | 11 49 | 12 03 | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 04 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 12 00 | 11 50 |
| 3     | 12 04  | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 04 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 12 00 | 11 49 | 11 44 | 11 50 | 12 04 | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 49 |
| 4     | 12 04  | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 49 | 11 44 | 11 50 | 12 05 | 12 15 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 49 |
| 5     | 12 05  | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 48 | 11 44 | 11 51 | 12 05 | 12 15 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 49 |
| 6     | 12 05  | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 48 | 11 44 | 11 51 | 12 05 | 12 15 | 12 12 | 12 12 | 03 11 | 57    | 11 58 | 12 04 | 12 06 | 11 59 | 11 49 |
| 7     | 12 06  | 12 14 | 12 11 | 12 02 | 11 56 | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 | 11 44 | 11 51 | 12 06 | 12 16 | 12 13 | 12 12 | 12 12 | 02 11 | 56    | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 8     | 12 06  | 12 14 | 12 11 | 12 02 | 11 56 | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 47 | 11 44 | 11 52 | 12 06 | 12 16 | 12 13 | 12 12 | 12 12 | 02 11 | 56    | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 9     | 12 07  | 12 14 | 12 11 | 12 02 | 11 56 | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 47 | 11 44 | 11 52 | 12 07 | 12 17 | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 02 11 | 56    | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 10    | 12 07  | 12 14 | 12 11 | 12 02 | 11 56 | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 57 | 11 47 | 11 44 | 11 53 | 12 07 | 12 17 | 12 14 | 12 12 | 12 12 | 02 11 | 56    | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 11    | 12 08  | 12 14 | 12 10 | 12 01 | 11 56 | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 57 | 11 47 | 11 44 | 11 53 | 12 08 | 12 18 | 12 15 | 12 12 | 12 12 | 01 11 | 56    | 11 59 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 12    | 12 08  | 12 14 | 12 10 | 12 01 | 11 56 | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 56 | 11 47 | 11 44 | 11 54 | 12 08 | 12 18 | 12 15 | 12 12 | 12 12 | 01 11 | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 | 11 48 |
| 13    | 12 09  | 12 14 | 12 10 | 12 01 | 11 56 | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 56 | 11 46 | 11 44 | 11 54 | 12 09 | 12 19 | 12 16 | 12 13 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 14    | 12 09  | 12 14 | 12 09 | 12 00 | 11 56 | 12 00 | 12 06 | 12 05 | 11 56 | 11 46 | 11 44 | 11 54 | 12 09 | 12 19 | 12 16 | 12 13 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 15    | 12 09  | 12 14 | 12 09 | 12 00 | 11 56 | 12 00 | 12 06 | 12 05 | 11 55 | 11 46 | 11 45 | 11 55 | 12 09 | 12 19 | 12 16 | 12 13 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 16    | 12 10  | 12 14 | 12 09 | 12 00 | 11 56 | 12 00 | 12 06 | 12 04 | 11 55 | 11 46 | 11 45 | 11 55 | 12 10 | 12 20 | 12 17 | 12 14 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 17    | 12 10  | 12 14 | 12 09 | 12 00 | 11 56 | 12 01 | 12 06 | 12 04 | 11 55 | 11 46 | 11 45 | 11 56 | 12 10 | 12 20 | 12 17 | 12 14 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 18    | 12 10  | 12 14 | 12 08 | 11 59 | 11 56 | 12 01 | 12 06 | 12 04 | 11 54 | 11 45 | 11 45 | 11 56 | 12 10 | 12 20 | 12 17 | 12 14 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 19    | 12 11  | 12 14 | 12 08 | 11 59 | 11 56 | 12 01 | 12 06 | 12 04 | 11 54 | 11 45 | 11 45 | 11 57 | 12 11 | 12 21 | 12 18 | 12 15 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 20    | 12 11  | 12 14 | 12 08 | 11 59 | 11 56 | 12 01 | 12 06 | 12 03 | 11 54 | 11 45 | 11 46 | 11 57 | 12 11 | 12 21 | 12 18 | 12 15 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 21    | 12 11  | 12 14 | 12 07 | 11 59 | 11 56 | 12 01 | 12 06 | 12 03 | 11 53 | 11 45 | 11 46 | 11 58 | 12 11 | 12 21 | 12 18 | 12 15 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 22    | 12 12  | 12 14 | 12 07 | 11 59 | 11 56 | 12 02 | 12 06 | 12 03 | 11 53 | 11 45 | 11 46 | 11 58 | 12 12 | 12 22 | 12 19 | 12 16 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 23    | 12 12  | 12 14 | 12 07 | 11 58 | 11 57 | 12 02 | 12 06 | 12 03 | 11 53 | 11 44 | 11 46 | 11 59 | 12 12 | 12 22 | 12 19 | 12 16 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 24    | 12 12  | 12 13 | 12 07 | 11 58 | 11 57 | 12 02 | 12 06 | 12 02 | 11 52 | 11 44 | 11 47 | 11 59 | 12 12 | 12 22 | 12 19 | 12 16 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 25    | 12 12  | 12 13 | 12 06 | 11 58 | 11 57 | 12 02 | 12 06 | 12 02 | 11 52 | 11 44 | 11 47 | 12 00 | 12 12 | 12 22 | 12 19 | 12 16 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 26    | 12 13  | 12 13 | 12 06 | 11 58 | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 02 | 11 52 | 11 44 | 11 47 | 12 01 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 27    | 12 13  | 12 13 | 12 06 | 11 58 | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 02 | 11 51 | 11 44 | 11 48 | 12 01 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 28    | 12 13  | 12 13 | 12 05 | 11 57 | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 02 | 11 51 | 11 44 | 11 48 | 12 01 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 29    | 12 13  | —     | 12 05 | 11 57 | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 02 | 11 51 | 11 44 | 11 48 | 12 02 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 30    | 12 13  | —     | 12 05 | 11 57 | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 02 | 11 50 | 11 44 | 11 49 | 12 02 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |
| 31    | 12 14  | —     | 12 04 | —     | 11 57 | 12 03 | 12 06 | 12 00 | —     | 11 44 | —     | 12 03 | 12 12 | 12 23 | 12 20 | 12 17 | 12 12 | 12 01 | 11    | 56    | 12 00 | 12 05 | 12 06 | 11 58 |



Таблица 2  
Максимальная упругость водяного пара (в ммб) над водой  
при температуре выше 0°

| Целевые<br>градусы | Десятье доли градусов |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | 0                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| 0                  | 6,1                   | 6,2  | 6,2  | 6,2  | 6,3  | 6,3  | 6,4  | 6,4  | 6,5  |
| 1                  | 6,6                   | 6,6  | 6,7  | 6,7  | 6,8  | 6,8  | 6,9  | 6,9  | 7,0  |
| 2                  | 7,0                   | 7,1  | 7,2  | 7,2  | 7,3  | 7,3  | 7,4  | 7,4  | 7,5  |
| 3                  | 7,6                   | 7,6  | 7,7  | 7,7  | 7,8  | 7,8  | 7,9  | 8,0  | 8,1  |
| 4                  | 8,1                   | 8,2  | 8,2  | 8,3  | 8,4  | 8,4  | 8,5  | 8,5  | 8,7  |
| 5                  | 8,7                   | 8,8  | 8,8  | 8,9  | 9,0  | 9,0  | 9,1  | 9,2  | 9,3  |
| 6                  | 9,4                   | 9,4  | 9,5  | 9,5  | 9,6  | 9,7  | 9,7  | 9,8  | 10,0 |
| 7                  | 10,0                  | 10,1 | 10,2 | 10,2 | 10,3 | 10,4 | 10,5 | 10,6 | 10,6 |
| 8                  | 10,7                  | 10,8 | 10,9 | 11,0 | 11,0 | 11,1 | 11,2 | 11,3 | 11,4 |
| 9                  | 11,5                  | 11,6 | 11,6 | 11,7 | 11,8 | 11,9 | 12,0 | 12,1 | 12,2 |
| 10                 | 12,3                  | 12,4 | 12,4 | 12,5 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 13,0 |
| 11                 | 13,1                  | 13,2 | 13,3 | 13,4 | 13,5 | 13,6 | 13,7 | 13,8 | 13,9 |
| 12                 | 14,0                  | 14,1 | 14,2 | 14,3 | 14,4 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,9 |
| 13                 | 15,0                  | 15,1 | 15,2 | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,6 | 15,7 | 15,9 |
| 14                 | 16,0                  | 16,1 | 16,2 | 16,3 | 16,4 | 16,5 | 16,6 | 16,7 | 17,0 |
| 15                 | 17,1                  | 17,2 | 17,3 | 17,4 | 17,5 | 17,6 | 17,7 | 17,8 | 18,1 |
| 16                 | 18,2                  | 18,3 | 18,4 | 18,5 | 18,7 | 18,8 | 18,9 | 19,0 | 19,3 |
| 17                 | 19,4                  | 19,5 | 19,6 | 19,8 | 19,9 | 20,0 | 20,1 | 20,3 | 20,5 |
| 18                 | 20,6                  | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,2 | 21,3 | 21,4 | 21,6 | 21,8 |
| 19                 | 22,0                  | 22,1 | 22,3 | 22,4 | 22,5 | 22,7 | 22,8 | 23,0 | 23,2 |
| 20                 | 23,4                  | 23,5 | 23,7 | 23,8 | 24,0 | 24,1 | 24,3 | 24,4 | 24,7 |
| 21                 | 24,9                  | 25,0 | 25,2 | 25,4 | 25,5 | 25,7 | 25,8 | 26,0 | 26,3 |
| 22                 | 26,5                  | 26,6 | 26,8 | 26,9 | 27,1 | 27,3 | 27,4 | 27,6 | 27,9 |
| 23                 | 28,1                  | 28,3 | 28,5 | 28,6 | 28,8 | 29,0 | 29,2 | 29,3 | 29,7 |
| 24                 | 29,9                  | 30,0 | 30,2 | 30,4 | 30,6 | 30,8 | 31,0 | 31,1 | 31,5 |
| 25                 | 31,7                  | 31,9 | 32,1 | 32,3 | 32,5 | 32,7 | 33,0 | 33,2 | 33,4 |
| 26                 | 33,6                  | 33,8 | 34,0 | 34,2 | 34,4 | 34,6 | 34,9 | 35,1 | 35,5 |
| 27                 | 35,7                  | 35,9 | 36,1 | 36,3 | 36,5 | 36,8 | 37,0 | 37,2 | 37,6 |
| 28                 | 37,8                  | 38,1 | 38,3 | 38,5 | 38,7 | 39,0 | 39,2 | 39,4 | 39,9 |
| 29                 | 40,1                  | 40,3 | 40,6 | 40,8 | 41,0 | 41,3 | 41,5 | 41,8 | 42,2 |
| 30                 | 42,5                  | 42,7 | 43,0 | 43,2 | 43,5 | 43,7 | 44,0 | 44,2 | 44,7 |
| 31                 | 45,0                  | 45,2 | 45,5 | 45,8 | 46,0 | 46,3 | 46,5 | 46,8 | 47,3 |
| 32                 | 47,6                  | 47,9 | 48,1 | 48,4 | 48,7 | 49,0 | 49,2 | 49,5 | 50,1 |
| 33                 | 50,4                  | 50,6 | 50,9 | 51,2 | 51,5 | 51,8 | 52,1 | 52,4 | 53,0 |
| 34                 | 53,3                  | 53,6 | 53,8 | 54,2 | 54,5 | 54,8 | 55,1 | 55,4 | 56,0 |
| 35                 | 56,3                  | 56,6 | 56,9 | 57,2 | 57,6 | 57,9 | 58,2 | 58,5 | 59,2 |
| 36                 | 59,5                  | 59,8 | 60,1 | 60,5 | 60,8 | 61,1 | 61,5 | 61,8 | 62,5 |
| 37                 | 62,8                  | 63,2 | 63,5 | 63,9 | 64,2 | 64,6 | 64,9 | 65,3 | 66,0 |
| 38                 | 66,3                  | 66,7 | 67,0 | 67,4 | 67,8 | 68,2 | 68,5 | 68,9 | 69,6 |
| 39                 | 70,0                  | 70,4 | 70,8 | 71,1 | 71,5 | 71,9 | 72,3 | 72,7 | 73,5 |

Таблица 3  
Максимальная упругость водяного пара (ммб) при температуре ниже 0°

| Десятки<br>градусов | Единица градусов |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 0                | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| -40                 | 0,19             | 0,46 | 0,42 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | 0,26 | 0,23 |
| -30                 | 0,51             | 1,15 | 1,05 | 0,96 | 0,88 | 0,80 | 0,73 | 0,67 | 0,56 |
| -20                 | 1,25             | 2,64 | 2,44 | 2,25 | 2,07 | 1,91 | 1,76 | 1,61 | 1,36 |
| -10                 | 2,86             | 5,68 | 5,27 | 4,90 | 4,54 | 4,21 | 3,90 | 3,61 | 3,09 |
| 0                   | 6,11             | 5,63 | 5,18 | 4,77 | 4,39 | 4,03 | 3,70 | 3,40 | 2,86 |

Над перевод миллибаров в миллиметры ртутного столба

| Сотни и<br>десятки<br>ммб | Единица ммб |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | 0           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| 710                       | 532,5       | 533,3 | 534,0 | 534,8 | 535,5 | 536,3 | 537,0 | 537,8 | 538,5 |
| 720                       | 540,0       | 540,8 | 541,5 | 542,3 | 543,0 | 543,8 | 544,5 | 545,3 | 546,0 |
| 730                       | 547,5       | 548,3 | 549,0 | 549,8 | 550,5 | 551,3 | 552,0 | 552,8 | 553,5 |
| 740                       | 555,0       | 555,8 | 556,5 | 557,3 | 558,0 | 558,8 | 559,5 | 560,3 | 561,0 |
| 750                       | 562,5       | 563,3 | 564,0 | 564,8 | 565,5 | 566,3 | 567,0 | 567,8 | 568,5 |
| 760                       | 570,0       | 570,8 | 571,5 | 572,3 | 573,0 | 573,8 | 574,5 | 575,3 | 576,0 |
| 770                       | 577,5       | 578,3 | 579,0 | 579,8 | 580,5 | 581,3 | 582,0 | 582,8 | 583,5 |
| 780                       | 585,0       | 585,8 | 586,6 | 587,3 | 588,0 | 588,8 | 589,5 | 590,3 | 591,0 |
| 790                       | 592,5       | 593,3 | 594,0 | 594,8 | 595,5 | 596,3 | 597,0 | 597,8 | 598,5 |
| 800                       | 600,0       | 600,8 | 601,6 | 602,3 | 603,0 | 603,8 | 604,6 | 605,3 | 606,0 |
| 810                       | 607,5       | 608,3 | 609,0 | 609,8 | 610,5 | 611,3 | 612,0 | 612,8 | 613,5 |
| 820                       | 615,0       | 615,8 | 616,5 | 617,3 | 618,0 | 618,8 | 619,5 | 620,3 | 621,0 |
| 830                       | 622,5       | 623,3 | 624,0 | 624,8 | 625,6 | 626,3 | 627,1 | 627,8 | 628,6 |
| 840                       | 630,1       | 630,8 | 631,6 | 632,3 | 633,1 | 633,8 | 634,6 | 635,3 | 636,0 |
| 850                       | 637,6       | 638,3 | 639,1 | 639,8 | 640,6 | 641,3 | 642,1 | 642,8 | 643,6 |
| 860                       | 645,1       | 645,8 | 646,6 | 647,3 | 648,1 | 648,8 | 649,6 | 650,3 | 651,1 |
| 870                       | 652,6       | 653,3 | 654,1 | 654,8 | 655,6 | 656,3 | 657,1 | 657,8 | 658,6 |
| 880                       | 660,1       | 660,8 | 661,6 | 662,3 | 663,1 | 663,8 | 664,6 | 665,3 | 666,0 |
| 890                       | 667,6       | 668,3 | 669,1 | 669,8 | 670,6 | 671,3 | 672,1 | 672,8 | 673,6 |
| 900                       | 675,1       | 675,8 | 676,6 | 677,3 | 678,1 | 678,8 | 679,6 | 680,3 | 681,1 |
| 910                       | 682,6       | 683,3 | 684,1 | 684,8 | 685,6 | 686,3 | 687,1 | 687,8 | 688,6 |
| 920                       | 690,1       | 690,8 | 691,6 | 692,3 | 693,1 | 693,8 | 694,6 | 695,3 | 696,0 |
| 930                       | 697,6       | 698,3 | 699,1 | 699,8 | 700,6 | 701,3 | 702,1 | 702,8 | 703,6 |
| 940                       | 705,1       | 705,8 | 706,6 | 707,3 | 708,1 | 708,8 | 709,6 | 710,3 | 711,1 |
| 950                       | 712,6       | 713,3 | 714,1 | 714,8 | 715,6 | 716,3 | 717,1 | 717,8 | 718,6 |
| 960                       | 720,1       | 720,8 | 721,6 | 722,3 | 723,1 | 723,8 | 724,6 | 725,3 | 726,1 |
| 970                       | 727,6       | 728,3 | 729,1 | 729,8 | 730,6 | 731,3 | 732,1 | 732,8 | 733,6 |
| 980                       | 735,1       | 735,8 | 736,6 | 737,3 | 738,1 | 738,8 | 739,6 | 740,3 | 741,1 |
| 990                       | 742,6       | 743,3 | 744,1 | 744,8 | 745,6 | 746,3 | 747,1 | 747,8 | 748,6 |
| 1000                      | 750,1       | 750,8 | 751,6 | 752,3 | 753,1 | 753,8 | 754,6 | 755,3 | 756,1 |
| 1010                      | 757,6       | 758,3 | 759,1 | 759,8 | 760,6 | 761,3 | 762,1 | 762,8 | 763,6 |
| 1020                      | 765,1       | 765,8 | 766,6 | 767,3 | 768,1 | 768,8 | 769,6 | 770,3 | 771,1 |
| 1030                      | 772,6       | 773,3 | 774,1 | 774,8 | 775,6 | 776,3 | 777,1 | 777,8 | 778,6 |
| 1040                      | 780,1       | 780,8 | 781,6 | 782,3 | 783,1 | 783,8 | 784,6 | 785,3 | 786,1 |
| 1050                      | 787,6       | 788,3 | 789,1 | 789,8 | 790,6 | 791,3 | 792,1 | 792,8 | 793,6 |

Перевод миллиметров ртутного столба в миллибары

Таблица 5

| Сотни и де-сятки мм ртутного столба | Единицы мм ртутного столба |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                     | 0                          | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| 520                                 | 683,3                      | 694,6  | 695,9  | 697,3  | 698,6  | 699,9  | 701,3  | 702,6  | 703,9  |
| 530                                 | 706,6                      | 707,8  | 709,3  | 710,6  | 711,9  | 713,3  | 714,6  | 715,9  | 717,3  |
| 540                                 | 719,9                      | 721,3  | 722,6  | 723,9  | 725,3  | 726,6  | 727,9  | 729,3  | 730,6  |
| 550                                 | 733,3                      | 734,6  | 735,9  | 737,3  | 738,6  | 739,9  | 741,3  | 742,6  | 743,9  |
| 560                                 | 746,6                      | 747,9  | 749,3  | 750,6  | 751,9  | 753,3  | 754,6  | 755,9  | 757,3  |
| 570                                 | 759,9                      | 761,3  | 762,6  | 763,9  | 765,3  | 766,6  | 767,9  | 769,3  | 770,6  |
| 580                                 | 773,3                      | 774,6  | 775,9  | 777,3  | 778,6  | 779,9  | 781,3  | 782,6  | 783,9  |
| 590                                 | 786,6                      | 787,9  | 789,3  | 790,6  | 791,9  | 793,3  | 794,6  | 795,9  | 797,3  |
| 600                                 | 799,9                      | 801,3  | 802,6  | 803,9  | 805,3  | 806,6  | 807,9  | 809,3  | 810,6  |
| 610                                 | 813,3                      | 814,6  | 815,9  | 817,3  | 818,6  | 819,9  | 821,3  | 822,6  | 823,9  |
| 620                                 | 826,6                      | 827,9  | 829,3  | 830,6  | 831,9  | 833,3  | 834,6  | 835,9  | 837,3  |
| 630                                 | 839,9                      | 841,2  | 842,6  | 843,9  | 845,2  | 846,6  | 847,9  | 849,3  | 850,6  |
| 640                                 | 853,3                      | 854,6  | 855,9  | 857,2  | 858,6  | 859,9  | 861,2  | 862,6  | 863,9  |
| 650                                 | 866,6                      | 867,9  | 869,2  | 870,6  | 871,9  | 873,2  | 874,6  | 875,9  | 877,2  |
| 660                                 | 879,9                      | 881,2  | 882,6  | 883,9  | 885,2  | 886,6  | 887,9  | 889,3  | 890,6  |
| 670                                 | 893,3                      | 894,6  | 895,9  | 897,2  | 898,6  | 899,9  | 901,2  | 902,6  | 903,9  |
| 680                                 | 906,6                      | 907,9  | 909,2  | 910,6  | 911,9  | 913,2  | 914,6  | 915,9  | 917,2  |
| 690                                 | 919,9                      | 921,2  | 922,6  | 923,9  | 925,2  | 926,6  | 927,9  | 929,3  | 930,6  |
| 700                                 | 933,3                      | 934,6  | 935,9  | 937,2  | 938,6  | 939,9  | 941,2  | 942,6  | 943,9  |
| 710                                 | 946,6                      | 947,9  | 949,3  | 950,6  | 951,9  | 953,2  | 954,6  | 955,9  | 957,2  |
| 720                                 | 959,9                      | 961,2  | 962,6  | 963,9  | 965,2  | 966,6  | 967,9  | 969,3  | 970,6  |
| 730                                 | 973,3                      | 974,6  | 975,9  | 977,2  | 978,6  | 979,9  | 981,2  | 982,6  | 983,9  |
| 740                                 | 986,6                      | 987,9  | 989,2  | 990,6  | 991,9  | 993,2  | 994,6  | 995,9  | 997,2  |
| 750                                 | 999,9                      | 1001,2 | 1002,6 | 1003,9 | 1005,2 | 1006,6 | 1007,9 | 1009,3 | 1010,6 |
| 760                                 | 1013,3                     | 1014,6 | 1015,9 | 1017,2 | 1018,6 | 1019,9 | 1021,2 | 1022,6 | 1023,9 |
| 770                                 | 1026,6                     | 1027,9 | 1029,2 | 1030,6 | 1031,9 | 1033,2 | 1034,6 | 1035,9 | 1037,2 |
| 780                                 | 1039,9                     | 1041,2 | 1042,6 | 1043,9 | 1045,2 | 1046,6 | 1047,9 | 1049,3 | 1050,6 |
| 790                                 | 1053,3                     | 1054,6 | 1055,9 | 1057,2 | 1058,6 | 1059,9 | 1061,2 | 1062,6 | 1063,9 |
| 800                                 | 1066,6                     | 1067,9 | 1069,2 | 1070,6 | 1071,9 | 1073,2 | 1074,6 | 1075,9 | 1077,2 |

Десятичные  
мм мб  
0,1 0,1  
0,2 0,3  
0,3 0,4  
0,4 0,5  
0,5 0,7

Приведение показаний барометра к 0°

Таблица 6

| Темпе-ратура | Показания барометра (в мб) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Темпе-ратура |
|--------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|              | 900                        | 910  | 920  | 930  | 940  | 950  | 960  | 970  | 980  | 990  |              |
| 10,0         | 1,51                       | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 10,0         |
| 11,0         | 1,61                       | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 1,61 | 11,0         |
| 12,0         | 1,81                       | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 12,0         |
| 13,0         | 1,91                       | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 13,0         |
| 14,0         | 2,02                       | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 2,02 | 14,0         |

Приведение

Приведение показаний барометра к нормальной силе тяжести (поправка на широту места) (в мб)

| Темпе-ратура | Показания барометра (в мб) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Темпе-ратура |
|--------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
|              | 900                        | 910  | 920  | 930  | 940  | 950  | 960  | 970  | 980  | 990  |              |
| 15,0         | 2,22                       | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 2,22 | 15,0         |
| 16,0         | 2,42                       | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 2,42 | 16,0         |
| 17,0         | 2,52                       | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 2,52 | 17,0         |
| 18,0         | 2,62                       | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 2,62 | 18,0         |
| 19,0         | 2,72                       | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 2,72 | 19,0         |
| 20,0         | 2,82                       | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 2,82 | 20,0         |
| 21,0         | 2,92                       | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 2,92 | 21,0         |
| 22,0         | 3,02                       | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 22,0         |
| 23,0         | 3,12                       | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 3,12 | 23,0         |
| 24,0         | 3,22                       | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 24,0         |
| 25,0         | 3,32                       | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 3,32 | 25,0         |
| 26,0         | 3,42                       | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 3,42 | 26,0         |
| 27,0         | 3,52                       | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 3,52 | 27,0         |
| 28,0         | 3,62                       | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 3,62 | 28,0         |
| 29,0         | 3,72                       | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 3,72 | 29,0         |
| 30,0         | 3,82                       | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 3,82 | 30,0         |
| 31,0         | 3,92                       | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 3,92 | 31,0         |
| 32,0         | 4,02                       | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 4,02 | 32,0         |
| 33,0         | 4,12                       | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 33,0         |
| 34,0         | 4,22                       | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 4,22 | 34,0         |
| 35,0         | 4,32                       | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 4,32 | 35,0         |

Таблица 7

| Широта | Поправка на широту места (в мб) | Показания барометра (в мб) |      |      |      |      |      |      |      |        |      |
|--------|---------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|
|        |                                 | 940                        | 950  | 960  | 970  | 980  | 990  | 1000 | 1010 | 1013,2 | 1020 |
| 20     | 70                              | 1,87                       | 1,88 | 1,90 | 1,92 | 1,94 | 1,96 | 1,98 | 2,00 | 2,01   | 2,02 |
| 21     | 69                              | 1,81                       | 1,83 | 1,85 | 1,87 | 1,89 | 1,91 | 1,92 | 1,94 | 1,95   | 1,96 |
| 22     | 68                              | 1,75                       | 1,77 | 1,79 | 1,81 | 1,82 | 1,84 | 1,86 | 1,88 | 1,89   | 1,90 |
| 23     | 67                              | 1,69                       | 1,71 | 1,73 | 1,75 | 1,77 | 1,78 | 1,80 | 1,82 | 1,83   | 1,84 |
| 24     | 66                              | 1,63                       | 1,65 | 1,66 | 1,68 | 1,70 | 1,72 | 1,73 | 1,75 | 1,76   | 1,77 |
| 25     | 65                              | 1,57                       | 1,58 | 1,60 | 1,62 | 1,63 | 1,65 | 1,67 | 1,68 | 1,69   | 1,70 |
| 26     | 64                              | 1,50                       | 1,52 | 1,53 | 1,55 | 1,56 | 1,58 | 1,60 | 1,61 | 1,62   | 1,63 |
| 27     | 63                              | 1,43                       | 1,45 | 1,46 | 1,48 | 1,49 | 1,51 | 1,52 | 1,54 | 1,54   | 1,55 |
| 28     | 62                              | 1,36                       | 1,38 | 1,39 | 1,40 | 1,42 | 1,43 | 1,45 | 1,46 | 1,47   | 1,48 |
| 29     | 61                              | 1,29                       | 1,30 | 1,32 | 1,33 | 1,35 | 1,36 | 1,37 | 1,39 | 1,39   | 1,41 |
| 30     | 60                              | 1,22                       | 1,23 | 1,24 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,30 | 1,31 | 1,31   | 1,33 |
| 31     | 59                              | 1,14                       | 1,15 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,22 | 1,23 | 1,23   | 1,25 |
| 32     | 58                              | 1,07                       | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,14 | 1,15 | 1,15   | 1,17 |
| 33     | 57                              | 1,00                       | 1,01 | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,08 | 1,08   | 1,10 |
| 34     | 56                              | 0,93                       | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,01 | 1,01   | 1,03 |
| 35     | 55                              | 0,86                       | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,94 | 0,94   | 0,96 |
| 36     | 54                              | 0,79                       | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,87 | 0,87   | 0,89 |
| 37     | 53                              | 0,72                       | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,80   | 0,82 |
| 38     | 52                              | 0,65                       | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72   | 0,74 |
| 39     | 51                              | 0,58                       | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,65   | 0,67 |
| 40     | 50                              | 0,51                       | 0,52 | 0,53 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,58   | 0,60 |
| 41     | 49                              | 0,44                       | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,51 | 0,51   | 0,53 |
| 42     | 48                              | 0,37                       | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,44   | 0,46 |
| 43     | 47                              | 0,30                       | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,37   | 0,39 |
| 44     | 46                              | 0,23                       | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,30   | 0,32 |
| 45     | 45                              | 0,16                       | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,23   | 0,25 |



## Поправки на высоту над уровнем моря (в мб)

| Высота | Показания барометра (в мм) |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|--------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|        | 860                        | 880 | 900 | 920 | 940 | 960 | 980 | 1000 | 1020 | 1040 | 1060 |
| 100    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 200    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 300    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 400    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 500    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 600    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 700    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 800    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 900    |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1000   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1100   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1200   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1300   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1400   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1500   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1600   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1700   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1800   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 1900   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
| 2000   |                            |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |

Таблица 9

## Критические минимальные температуры для основных сельскохозяйственных культур (по В. Н. Степанову)

| Культура | Начало повреждения и частичная гибель (в °) |          |                             |  | Гибель большинства растений (в °) |                           |                             |  |
|----------|---------------------------------------------|----------|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
|          | всходы                                      | цветение | сооружение (плодотворность) |  | всходы                            | цветение (плодотворность) | сооружение (плодотворность) |  |

## Наиболее устойчивые к заморозкам

|                          |         |        |        |          |        |          |        |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|
| Яровая пшеница . . . . . | -9, -10 | -1, -2 | -2, -4 | -10, -12 | -2, -4 | -10, -12 | -2, -4 |
| Овес . . . . .           | -8, -9  | -1, -2 | -2, -4 | -9, -11  | -2, -4 | -9, -11  | -2, -4 |
| Ячмень . . . . .         | -7, -8  | -1, -2 | -2, -4 | -8, -10  | -2, -4 | -8, -10  | -2, -4 |
| Чечевича . . . . .       | -7, -8  | -2, -3 | -2, -4 | -9, -10  | -3, -4 | -9, -10  | -3, -4 |
| Горох . . . . .          | -7, -8  | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 |
| Чина . . . . .           | -7, -8  | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 |
| Сераделла . . . . .      | -7, -8  | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 | -8, -10  | -3, -4 |
| Рыжик яровой . . . . .   | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 |
| Кориандр . . . . .       | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 |
| Анис . . . . .           | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 | -10, -12 | -3, -4 |
| Мак . . . . .            | -7, -8  | -2, -3 | -2, -4 | -9, -11  | -2, -4 | -9, -11  | -2, -4 |

## Культура

| Культура | Начало повреждения и частичная гибель (в °) |          |                             |  | Гибель большинства растений (в °) |                           |                             |  |
|----------|---------------------------------------------|----------|-----------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
|          | всходы                                      | цветение | сооружение (плодотворность) |  | всходы                            | цветение (плодотворность) | сооружение (плодотворность) |  |

## Устойчивые к заморозкам

|                             |        |        |        |         |        |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Люпин многолетний . . . . . | -6, -8 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Вика яровая . . . . .       | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Нут . . . . .               | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Люпин узколистный . . . . . | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Бобы . . . . .              | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Полоснецник . . . . .       | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Сафлор . . . . .            | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Горчица белая . . . . .     | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Людмила . . . . .           | -7, -8 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Фенхель . . . . .           | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Лен . . . . .               | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Конопля . . . . .           | -5, -6 | -2, -3 | -2, -3 | -7, -9  | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Свекла сахарная . . . . .   | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Морковь кормовая . . . . .  | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Брюква . . . . .            | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Турнепс . . . . .           | -6, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -8, -10 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |

## Среднеустойчивые к заморозкам

|                        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Люпин желтый . . . . . | -4, -5 | -2, -3 | -2, -3 | -6, -8 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Соя . . . . .          | -3, -4 | -1, -2 | -1, -2 | -5, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Мотр . . . . .         | -3, -4 | -1, -2 | -1, -2 | -5, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Канатник . . . . .     | -3, -4 | -1, -2 | -1, -2 | -5, -7 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |

## Малоустойчивые к заморозкам

|                           |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Кукуруза . . . . .        | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Просо . . . . .           | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Суданская трава . . . . . | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Сорго . . . . .           | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Перилла . . . . .         | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Картофель . . . . .       | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |
| Махорка . . . . .         | -2, -3 | -1, -2 | -1, -2 | -4, -6 | -3, -4 | -3, -4 | -3, -4 |

## Неустойчивые к заморозкам

|                      |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Трещина . . . . .    | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Фасоль . . . . .     | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Клевер . . . . .     | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Хлопчатник . . . . . | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Бахчевые . . . . .   | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Рис . . . . .        | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Кунжут . . . . .     | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Кенф . . . . .       | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |
| Арахис . . . . .     | -1, -2 | -1, -2 | -1, -2 | -3, -5 | -4, -6 | -4, -6 | -4, -6 |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматические справочники (областные). Гидрометеоназдат, М., 1958.
2. Атлас «Сельское хозяйство СССР». Главное управление геодезии и картографии Министерства геологии и охраны недр СССР, М., 1960.
3. Виткевич В. И. Практические занятия по сельскохозяйственной метеорологии. «Колос», М., 1962.
4. Виткевич В. И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. «Колос», М., 1964.
5. Гольцберг И. А. Микроклимат и его значение в сельском хозяйстве. Гидрометеоназдат, Л., 1957.
6. Гольцберг И. А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Гидрометеоназдат, Л., 1961.
7. Жарков С. М. Народные приметы и предсказание погоды. Гидрометеоназдат, Л., 1954.
8. Костин С. И. Основы метеорологии и климатологии. Гидрометеоназдат, Л., 1958.
9. Каталог районированных сортов сельскохозяйственных культур. М., 1965.
10. Кедров Иванский В. Н. и Стернзат М. С. Метеорологические приборы. Л., 1963.
11. Кириллов В. В. Международная система единиц измерений (СИ) в метеорологии. Гидрометеоназдат, Л., 1965.
12. Кричак О. Г. Синоптическая метеорология. Гидрометеоназдат, Л., 1956.
13. Лекции по сельскохозяйственной метеорологии. Под редакцией М. С. Кулика и В. В. Синельникова. Гидрометеоназдат, Л., 1966.
14. Максимов С. А. Погода и сельское хозяйство. Гидрометеоназдат, Л., 1963.
15. Изменения и дополнения к наставлению гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. 1 и 3. Гидрометеоназдат, М., 1965.
16. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 3, ч. 1. Гидрометеоназдат, Л., 1954.
17. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 2. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах, ч. 1. Гидрометеоназдат, Л., 1957.
18. Наставления гидрометеорологическим станциям и постами, вып. 2. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах, ч. 1. Гидрометеоназдат, Л., 1963.
19. Руднев Г. В. Агрометеорология. Гидрометеоназдат, Л., 1964.
20. Руководство для агрометеорологических постов в колхозах и совхозах. Л., 1962.
21. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. Гидрометеоназдат, М., 1962.
22. Уланова Е. С. Методы агрометеорологических прогнозов. Гидрометеоназдат, Л., 1959.
23. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. Гидрометеоназдат, Л., 1955.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| Введение                                                | 3 |
| Глава I. Организация и работа метеорологических станций | 3 |
| § 1. Метеорологические станции и посты                  | 3 |
| § 2. Метеорологическая площадка                         | 4 |
| § 3. Сроки и порядок наблюдений                         | 6 |
| § 4. Понятие о времени                                  | 7 |

### Раздел I

#### Метеорологические приборы

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Глава II. Измерение солнечной радиации                                   | 10 |
| § 5. Виды солнечной радиации и единицы измерения                         | 10 |
| § 6. Методы измерения солнечной радиации                                 | 12 |
| § 7. Приборы для измерения солнечной радиации                            | 14 |
| Глава III. Измерение температуры почвы и воздуха                         | 27 |
| § 8. Общие сведения из термометрии                                       | 27 |
| § 9. Виды термометров                                                    | 28 |
| § 10. Чувствительность термометров                                       | 29 |
| § 11. Измерение температуры поверхности почвы                            | 29 |
| § 12. Измерение температуры почвы на различных глубинах                  | 32 |
| § 13. Измерение температуры почвы на глубине залегания узла ку-<br>щения | 36 |
| § 14. Измерение глубины промерзания почвы                                | 39 |
| § 15. Измерение температуры воздуха                                      | 40 |
| Глава IV. Измерение влажности воздуха                                    | 45 |
| § 16. Величины, характеризующие влажность воздуха                        | 45 |
| § 17. Методы измерения влажности воздуха                                 | 47 |
| § 18. Приборы для измерения влажности воздуха                            | 49 |
| Глава V. Наблюдения над облаками                                         | 61 |
| § 19. Определение количества облаков                                     | 62 |
| § 20. Определение форм облаков                                           | 62 |
| Глава VI. Измерение осадков и испарения                                  | 70 |
| § 21. Измерение осадков                                                  | 70 |
| § 22. Приборы для измерения осадков                                      | 71 |
| § 23. Измерение испарения                                                | 80 |
| Глава VII. Измерение атмосферного давления                               | 83 |
| § 24. Единицы измерения атмосферного давления                            | 83 |
| § 25. Изменение атмосферного давления с высотой                          | 84 |
| § 26. Приборы для измерения атмосферного давления                        | 85 |
| Глава VIII. Измерение направления и скорости ветра                       | 93 |
| § 27. Элементы ветра и значения его для сельского хозяйства              | 93 |
| § 28. Приборы для измерения направления и скорости ветра                 | 94 |

### Раздел II

#### Предсказание погоды

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| Глава IX. Предсказание погоды синоптическим методом | 104 |
| § 29. Общие сведения                                | 104 |
| § 30. Метеорологический код                         | 105 |
| § 31. Синоптические карты                           | 115 |
| Глава X. Предсказание погоды по местным признакам   | 119 |
| § 32. Местные признаки погоды                       | 119 |
| § 33. Народные приметы о погоде                     | 122 |



|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава XI.</b> Предсказание заморозков по наблюдениям в одном пункте . . . | 123 |
| § 34. Общие сведения по заморозкам . . . . .                                 | 123 |
| § 35. Предсказание заморозков по способу Михалевского . . . . .              | 125 |
| § 36. Предсказание заморозков по способу Чудновского . . . . .               | 126 |

### Раздел III

#### Агрометеорологические прогнозы

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава XII.</b> Прогнозы запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу весны . . . . . | 132 |
| § 37. Общие сведения по влажности почвы . . . . .                                                    | 132 |
| § 38. Прогнозы запасов продуктивной влаги в почве к началу весны . . . . .                           | 134 |
| <b>Глава XIII.</b> Прогнозы сроков наступления фаз развития сельскохозяйственных культур . . . . .   | 138 |
| § 39. Прогноз сроков цветения плодовых культур . . . . .                                             | 139 |
| § 40. Прогноз сроков созревания зерновых культур . . . . .                                           | 143 |
| § 41. Прогнозы сроков наступления фаз выметывания султана и молочной спелости кукурузы . . . . .     | 150 |
| <b>Глава XIV.</b> Долгосрочный прогноз урожая зерновых культур . . . . .                             | 155 |
| § 42. Долгосрочный прогноз урожая озимой пшеницы . . . . .                                           | 156 |
| § 43. Долгосрочный прогноз урожая зерна кукурузы . . . . .                                           | 162 |

### Раздел IV

#### Агроклиматические справочники и их практическое использование

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Глава XV.</b> Агроклиматическая характеристика данной местности . . . . . | 168 |
| § 44. Указания для составления агроклиматической характеристики . . . . .    | 169 |
| <b>Глава XVI.</b> Агроклиматические условия текущего года . . . . .          | 176 |
| § 45. Агрометеорологическая характеристика осенне-зимнего периода . . . . .  | 177 |
| § 46. Агрометеорологическая характеристика вегетационного периода . . . . .  | 180 |

### Раздел V

#### Учебная практика

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>Приложение</b> . . . . . | 191 |
| <b>Литература</b> . . . . . | 198 |

**Павлова Мария Дмитриевна**

**ПРАКТИКУМ ПО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ.** М., «Колос», 1968.  
200 с. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений). УДК 63 : 551.5(075.8)

Редактор Ю. Г. Челышкин

Художественный редактор З. П. Зубрилина

Технические редакторы Л. М. Белова и В. И. Просвирнина

Корректор А. И. Кудрявцева

Сдано в набор 18/I 1968 г. Подписано к печати 6/VI 1968 г. Т-08643. Формат 60 × 90<sup>1/16</sup>.  
Бумага тип. № 1. Печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 13,35. Изд. № 174. Т. п. 1968 г. № 271.  
Тираж 15 000 экз. Заказ № 320. Цена 57 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Типография им. Котлякова издательства «Финансы» Комитета по печати при Совете Министров СССР, Ленинград, Садовая, 21.