



А.Е. Морозов
Н.И. Стародубцева

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ



Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет»

А.Е. Морозов
Н.И. Стародубцева

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Практикум

Екатеринбург
2018

УДК 551.5:630.111 (076.5)

ББК 20.23:26.234.7я73

М80

Рецензенты:

кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» И.А. Антонова;

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом лесоведения ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН» Г.Г. Терехов

Морозов, А.Е.

М 80 Метеорология и климатология: практикум / А.Е. Морозов, Н.И. Стародубцева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – 250 с.

ISBN 978-5-94984-664-3

Практикум призван оказать обучающимся методическую помощь в изучении: системы организации метеорологических наблюдений в Российской Федерации; приборов, используемых на метеорологических станциях для измерения температуры воздуха и почвы, влажности воздуха, атмосферного давления и параметров ветра; проведения снегомерных съемок; анализа синоптических карт; обработки синоптической информации.

Практикум предназначен для обучающихся по направлениям 35.03.01 «Лесное дело», 05.03.06 «Экология и природопользование» и 35.03.05 «Садоводство».

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 551.5:630.111 (076.5)

ББК 20.23:26.234.7я73

ISBN 978-5-94984-664-3

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018

© Морозов А.Е., Стародубцева Н.И., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Посвящение.....	6
Введение.....	10
Правила выполнения практических работ.....	10
<i>Практическая работа № 1 «Общие сведения о метеорологических измерениях».....</i>	<i>11</i>
1.1. Цель метеорологических измерений, их организация.....	12
1.2. Состав первичной метеорологической информации. Измеряемые величины.....	25
1.3. Средства и методы метеорологических измерений.....	29
1.4. Единство метеорологических измерений.....	34
1.5. Метеорологическая станция. Сроки измерений.....	39
<i>Практическая работа № 2 «Измерение лучистой энергии».....</i>	<i>42</i>
2.1. Общие сведения.....	42
2.2. Приборы для измерения лучистой энергии.....	43
<i>Практическая работа № 3 «Измерение температуры».....</i>	<i>60</i>
3.1. Общие сведения.....	60
3.2. Термометры метеорологические стеклянно-жидкостные	64
3.2.1. Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры воздуха	65
3.2.2. Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры почвы.....	68
3.3. Термометры деформационные.....	73
3.4. Измерение и регистрация температуры воздуха и почвы на метеорологических станциях.....	79
3.4.1. Порядок производства измерений с помощью термометров.....	79
3.4.2. Измерение температуры воздуха.....	80
3.4.3. Измерение температуры почвы и грунта.....	83
<i>Практическая работа № 4 «Измерение атмосферного давления».....</i>	<i>85</i>
4.1. Общие сведения.....	85
4.2. Барометры ртутные.....	87
4.3. Барометры деформационные.....	92
<i>Практическая работа № 5 «Измерение влажности воздуха».....</i>	<i>99</i>
5.1. Общие сведения.....	99
5.2. Психрометрический метод. Психрометры.....	101
5.3. Гигрометры.....	115
<i>Практическая работа № 6 «Измерение осадков».....</i>	<i>122</i>
6.1. Общие сведения.....	122
6.2. Измерение осадков с помощью осадкомеров и дождемеров.....	124

6.3. Снегомерные наблюдения.....	130
6.4. Регистрация количества и интенсивности осадков.....	135
<i>Практическая работа № 7 «Измерение параметров ветра».....</i>	<i>140</i>
7.1. Общие сведения.....	141
7.2. Приборы местного действия для измерения параметров ветра.....	142
<i>Практическая работа № 8 «Изучение снегового режима в лесах».....</i>	<i>156</i>
8.1. Проведение снегомерных съемок.....	156
8.2. Глазомерные наблюдения за таянием снега.....	163
8.3. Первичная обработка результатов снегомерных съемок.....	163
<i>Практическая работа № 9 «Решение метеорологических задач».....</i>	<i>167</i>
<i>Практическая работа № 10 «Оценка термических ресурсов и условий увлажнения заданного климатического района».....</i>	<i>175</i>
<i>Практическая работа № 11 «Оценка метеорологических условий местности по синоптическим и климатическим картам».....</i>	<i>179</i>
<i>Практическая работа № 12 «Морфологическая классификация облаков».....</i>	<i>193</i>
12.1. Облака верхнего яруса.....	200
12.1.1. Перистые облака.....	201
12.1.2. Перисто-кучевые облака.....	202
12.1.3. Перисто-слоистые облака.....	203
12.2. Облака среднего яруса.....	204
12.2.1. Высококучевые облака.....	204
12.2.2. Высокослоистые облака.....	205
12.3. Облака нижнего яруса.....	206
12.3.1. Слоисто-кучевые облака.....	206
12.3.2. Слоистые облака.....	208
12.3.3. Слоисто-дождевые облака.....	209
12.4. Облака вертикального развития.....	210
12.4.1. Кучевые облака.....	210
12.4.2. Кучево-дождевые облака.....	212
Приложения.....	214
<i>Приложение 1. Распределение метеостанций по субъектам Российской Федерации.....</i>	<i>214</i>
<i>Приложение 2. Схема размещения приборов и установок на метеорологической площадке (размеры и расстояния в метрах)</i>	<i>228</i>
<i>Приложение 3. Примерные сроки проведения наблюдений на метеорологических станциях, оснащенных приборами местного действия.....</i>	<i>229</i>
<i>Приложение 4. Значения международной практической температуры, присвоенные постоянным точкам МПТШ-68, и состояния равновесия веществ при давлении 760 мм рт. ст. (за исключением тройных точек)</i>	<i>231</i>

<i>Приложение 5. Упругость пара, насыщающего пространство над плоской поверхностью чистой воды, переохлажденной воды и над плоской поверхностью чистого льда.....</i>	232
<i>Приложение 6. Средние месячные и годовые температуры воздуха, °С.....</i>	234
<i>Приложение 7. Месячные и годовые суммы осадков, мм.....</i>	235
<i>Приложение 8. Годовой ход температуры воздуха (по данным метеостанции Екатеринбурга).....</i>	236
<i>Приложение 9. Диаграмма годового хода осадков (по данным метеостанции Екатеринбурга).....</i>	237
<i>Приложение 10. Схема нанесения данных на синоптическую карту (сокращенный вариант международного кода).....</i>	238
<i>Приложение 11. Условные знаки на синоптических картах.....</i>	239
<i>Приложение 12. Условные знаки облаков на синоптических картах....</i>	244
<i>Приложение 13. Условные знаки параметров облачности на синоптических картах.....</i>	246
<i>Приложение 14. Условные знаки, обозначающие направление и скорость ветра (в узлах) на синоптических картах.....</i>	247
<i>Приложение 15. Условные знаки, обозначающие барометрическую тенденцию на синоптических картах</i>	248
<i>Приложение 16. Соотношение изобарических поверхностей и абсолютной высоты, исходя из стандартного (нормального) распределения температуры воздуха по высоте.....</i>	249

ПОСВЯЩЕНИЕ

*Издание приурочено к 100-летнему юбилею
Антон Антоновича Шевелева*



Антон Антонович Шевелёв (17 января 1918 г. – 10 мая 1981 г.) – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического института, Герой Советского Союза. Преподавал дисциплину «Лесная метеорология» в период с 1966 по 1981 гг.

Родился в посёлке Нейво-Шайтанский Алапавского района Свердловской области в семье служащего. Русский. Детство прошло на родине отца в селе Мордино Корткеросского района Коми АССР.

После окончания средней школы в 1935 г. в г. Свердловске А.А. Шевелёв начал трудовой путь учеником в проектно бюро Уральского научно-исследовательского института лесохимии.

В 1936 г. Антон Шевелёв поступает в 1-ю авиашколу Гражданского воздушного флота в г. Батайске Ростовской области. В 1939 г. с отличием её заканчивает и направляется в 233-й отряд специального применения Восточно-Сибирского управления Гражданского воздушного флота СССР. А.А. Шевелев работал пилотом самолетов У-2, П-5, СП на местных трассах, перевозил пассажиров и грузы, принимал участие в охране лесов от пожаров.

В феврале 1941 г. А.А. Шевелев переводится в г. Тулун Иркутской области, в 82-ю учебную авиаэскадрилью на должность командира звена.

В марте 1942 г. А.А. Шевелева направляют в школу высшей летной подготовки ВВС, где он осваивает тяжелый бомбардировщик ИЛ-4. По окончании курсов в мае 1942 г. он направляется на фронт в качестве пилота дальнего бомбардировщика ИЛ-4 в 30-й гвардейский авиационный полк 48-й авиационной дивизии 8-го авиационного корпуса авиации дальнего действия при ставке Верховного Главнокомандования.

За годы войны А.А. Шевелев прошёл путь от командира экипажа до заместителя командира авиаэскадрильи бомбардировочного полка авиации дальнего действия. Одновременно с боевыми действиями Антон Антонович в качестве пилота-наставника подготовил к выполнению боевых заданий более 10 экипажей молодых летчиков.

В период с мая 1942 по октябрь 1944 гг. экипаж А.А. Шевелева совершил 247 боевых вылетов на военные и промышленные объекты, расположенные в глубоком тылу противника в Германии, Венгрии, Польше, Финляндии, а также на оккупированных территориях СССР в Прибалтике, Молдавии, Белоруссии, Украине. А.А. Шевелев согласно имевшимся в его личном деле характеристикам умело владел техникой пилотирования в любых условиях дня и ночи. Имел общий налёт на всех типах самолетов 1825 часов, из них 948 часов – в ночных условиях. Пересекал линию фронта 494 раза.

По данным штабов полка и дивизии экипаж самолета под командованием А.А. Шевелёва уничтожил только на аэродромах Финляндии более 70 самолётов противника. При выполнении боевых операций в ходе героической обороны Сталинграда экипаж совершил 15 боевых вылетов. Летчик участвовал в героической обороне Ленинграда, блокировал бомбовыми ударами аэродромы в ряде населенных пунктов, с которых враг пытался организовать бомбардировку Москвы, Саратова и Ярославля. В результате умелых действий экипажа А.А. Шевелева при бомбардировке военных объектов противника было создано более 170 очагов пожаров и около 50 взрывов средней и большой мощности. На счету экипажа Шевелева не менее 10 взорванных мостов и вражеских эшелонов.

Гвардии капитан Шевелев 103 раза участвовал в бомбардировке крупных вражеских объектов по заданию командования Волховского, Ленинградского, Калужского, 1, 2 и 3-го Белорусского фронтов.

16 марта 1943 г. самолет под командованием Шевелева, вылетевший ночью на боевое задание в район станции Жуковка, на подходе к цели внезапно был атакован истребителем противника, который зашел в хвост бомбардировщику и сразу открыл огонь. Пулеметные очереди пробивали фюзеляж, два члена экипажа получили ранения. А.А. Шевелев, проявив исключительное мужество, на поврежденной машине сумел спрятаться в облаках от более скоростного фашистского истребителя и уйти от преследования. До цели оставалось несколько минут полета, и летчик принял решение довести самолет до зоны бомбометания. После захода на цель с высоты 600 м экипаж успешно сбросил бомбы на военные объекты противника, а затем взял курс на своей аэродром. При заходе на посадку выяснилось, что садиться придется на одно колесо, так как остальные оказались повреждены при обстреле, но летчик мастерски с этим справился, тем самым спас самолет и жизнь членов экипажа.

Позже на приземлившемся самолете Шевелева, который чудом не развалился и не загорелся при посадке, насчитали порядка семидесяти пробоин от пуль и снарядов.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 5 ноября 1944 г. за образцовое выполнение боевых заданий командования на фронтах борьбы с немецко-фашистскими захватчиками и проявленные при этом мужество и героизм гвардии капитану Антону Антоновичу Шевелёву присвоено звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда» (№ 5309). Боевой летчик награжден также двумя орденами Боевого Красного Знамени, орденом Отечественной войны I степени, десятью медалями, в том числе «За взятие Берлина».

Последний боевой вылет Антон Антонович совершил незадолго до конца войны. 17 апреля 1945 г. экипаж получил задание сбросить бомбы на фашистские укрепления в районе Зееловских высот в окрестностях Берлина (Штрайсберг). Успешно выполнив боевое задание, самолёт Шевелева лёг курсом на свой аэродром. Однако у линии фронта ИЛ-4 был трижды атакован вражеским истребителем. Самолет прошило насквозь пулеметной очередью, были повреждены двигатели и крылья, пробит топливный бак. В результате повреждений на борту возник пожар. Два члена экипажа – стрелок и радист – получили смертельные ранения. Полёт был больше невозможен. Шевелёв приказывает штурману прыгать и сам, раненный в левую ногу, последним покидает борт горящего самолета, откинув колпак кабины. Поток встречного воздуха летчика отбросило назад, ударив при этом правой ногой о хвостовой стабилизатор. Нога оказалась сломана. В 150 м от земли раненый Шевелев успевает раскрыть парашют и через несколько секунд по счастливой случайности падает в неглубокое озеро. Горящий самолет с двумя мертвыми членами экипажа рухнул рядом. Раненого Антона Антоновича подобрала наша пехотинца.

День Победы А.А. Шевелев встретил в госпитале. Около года продолжалось лечение и в 1946 г. по ранению, получив инвалидность II группы, он был демобилизован из рядов Красной Армии в звании майора. В октябре 1947 года А.А. Шевелёв устраивается на должность младшего научного сотрудника научно-исследовательского отдела Уральского лесотехнического института, а через год становится студентом лесохозяйственного факультета. В 1953 г. Антон Антонович окончил институт с отличием, получив квалификацию «Инженер лесного хозяйства», и его рекомендуют в аспирантуру по кафедре лесоводства.



После окончания аспирантуры и успешной защиты кандидатской диссертации в 1966 г. Шевелеву присуждается учёная степень кандидата сельскохозяйственных наук. С 1976 г. по 10 мая 1981 г. А.А. Шевелёв трудился в должности доцента кафедры лесоводства Уральского лесотехнического института. Является автором 35 научных работ.

За трудовые заслуги в 1978 г. А.А. Шевелев награжден нагрудным знаком «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР».

Тяжелые ранения сильно подкосили здоровье Антона Антоновича, и в мае 1981 г. в возрасте 63 лет он ушел из жизни. Похоронен в г. Екатеринбург на Ширококореченском кладбище.

Информация об А.А. Шевелеве подготовлена по материалам:

1. Гуцин, А.И. След в небе и на земле [Текст] / А.И. Гуцин // Леса России и хозяйство в них. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – № 4 (51). – С. 88–98.
2. Крылов, А.И. Дальними маршрутами [Текст] / А.И. Крылов. – М.: Военное издательство, 1969. – 216 с.
3. Летная книжка пилота А.А. Шевелева (экспонат музея Уральского государственного лесотехнического университета) [Текст].
4. Интернет-ресурсы.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение курса «Метеорология и климатология» предусматривает проведение практических занятий, на которых закрепляются знания теории и приобретаются практические навыки.

Практикум составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта и предназначен для обучающихся по направлениям 35.03.01 «Лесное дело», 05.03.06 «Экология и природопользование» и 35.03.05 «Садоводство».

Практикум содержит методические указания по выполнению практических работ. Рабочая программа дисциплины предусматривает выполнение 12 практических работ, в ходе которых обучающиеся получают общие сведения о метеорологических измерениях, знакомятся с приборами для измерения температуры воздуха и почвы, атмосферного давления, влажности, количества осадков, параметров ветра, знакомятся с проведением снегомерных съемок, получают навыки чтения и анализа синоптической информации. В помощь обучающимся предоставлены приложения 1–16.

В ходе выполнения практических работ обучающиеся должны получить и закрепить знания о принципах осуществления метеорологических измерений в РФ, о назначении и использовании различных метеорологических приборов, научиться проводить необходимые измерения метеовеличин.

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Для успешного выполнения практических работ обучающиеся должны:

- полностью выполнять весь объем домашней подготовки, указанный в описаниях соответствующих практических работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем.

После выполнения работы следует представить отчет с анализом полученных результатов, выводами и ответами на контрольные вопросы.

Все практические работы выполняются обучающимися индивидуально. Практические работы должны быть оформлены в соответствии

с требованиями практикума. При описании метеорологических приборов рекомендуется следующая схема:

- полное наименование прибора (марка);
- назначение прибора;
- устройство прибора;
- схематический рисунок прибора;
- принцип действия прибора;
- порядок проведения измерений с помощью прибора.

При выполнении схематического рисунка все ключевые детали и узлы прибора должны быть изображены отчетливо и пронумерованы (по порядку номеров, слева направо) с последующей экспликацией (расшифровкой позиций).

В конце каждой работы приводится перечень рекомендуемой литературы, которую можно использовать для дополнительного чтения и подготовки к зачету.

После выполнения практических работ обучающиеся сдают зачет, на котором преподаватель проверяет качество и объем усвоенного практического материала. Сдача зачета по практическим работам и зачета по приборам является основанием для допуска к экзамену или теоретическому зачету.

Практические занятия, пропущенные обучающимися по уважительным и неуважительным причинам, выполняются самостоятельно с обязательной последующей защитой их перед преподавателем.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 **«Общие сведения** **о метеорологических измерениях»**

Цель работы – изучить организацию метеорологических измерений в РФ, получить представление о средствах и методах метеорологических измерений, о метеорологических станциях и сроках производства измерений.

Задание – законспектировать материал, зарисовать структурную схему прибора местного действия и дистанционного прибора, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о предмете «Метеорология и климатология», его связи с другими дисциплинами, иметь понятие о метеоэлементах, метеовеличинах, знать историю организации метеорологических наблюдений, структуру метеослужбы России.

1.1. Цель метеорологических измерений, их организация

Состояние атмосферы и протекающие в ней процессы оказывают большое влияние на все области деятельности и повседневную жизнь человека. В связи с этим систематическое изучение состояния атмосферы и атмосферных процессов, предсказание благоприятных или неблагоприятных метеорологических условий, являющихся в некоторых случаях решающими факторами при планировании и осуществлении хозяйственных мероприятий, – одна из важнейших народно-хозяйственных задач.

Для того чтобы постоянно иметь полное представление о состоянии атмосферы, необходима широкая постановка систематических измерений многих физических величин, характеризующих состояние как атмосферы, так и подстилающей поверхности (суши и гидросферы), которая оказывает большое влияние на развитие атмосферных процессов (формирование воздушных масс).

Измерения должны быть организованы таким образом, чтобы их результаты служили основой для прогнозов погоды, формирования метеорологической информации, для удовлетворения запросов сельского хозяйства, градостроительства, здравоохранения, транспорта и многих других отраслей народного хозяйства.

Оперативное функционирование сложной прогностической инфраструктуры требует серьезной координации ее деятельности. Такая координация осуществляется с помощью программы «Всемирная служба погоды» (ВСП). Именно ВСП обеспечивает взаимодействие между национальными метеорологическими центрами различных стран, входящих в состав Всемирной метеорологической организации (ВМО). Программа ВСП была принята в 1963 году на IV Всемирном метеорологическом конгрессе. В программу ВСП включена глобальная система наблюдений, состоящая из наземной и космической подсистем (рис. 1.1, 1.2).

Метеорологические станции и посты, которые распределены по территории РФ и составляют гидрометеорологическую наблюдательную сеть, получают первичную информацию из отдельных пунктов.

В местах концентрации промышленности и транспорта, являющихся источниками загрязнения окружающей природной среды, действуют специализированные стационарные и подвижные посты, контролирующие степень загрязнения атмосферного воздуха.

Специальные суда и корабли торгового флота получают гидрометеорологические данные в открытых морях.

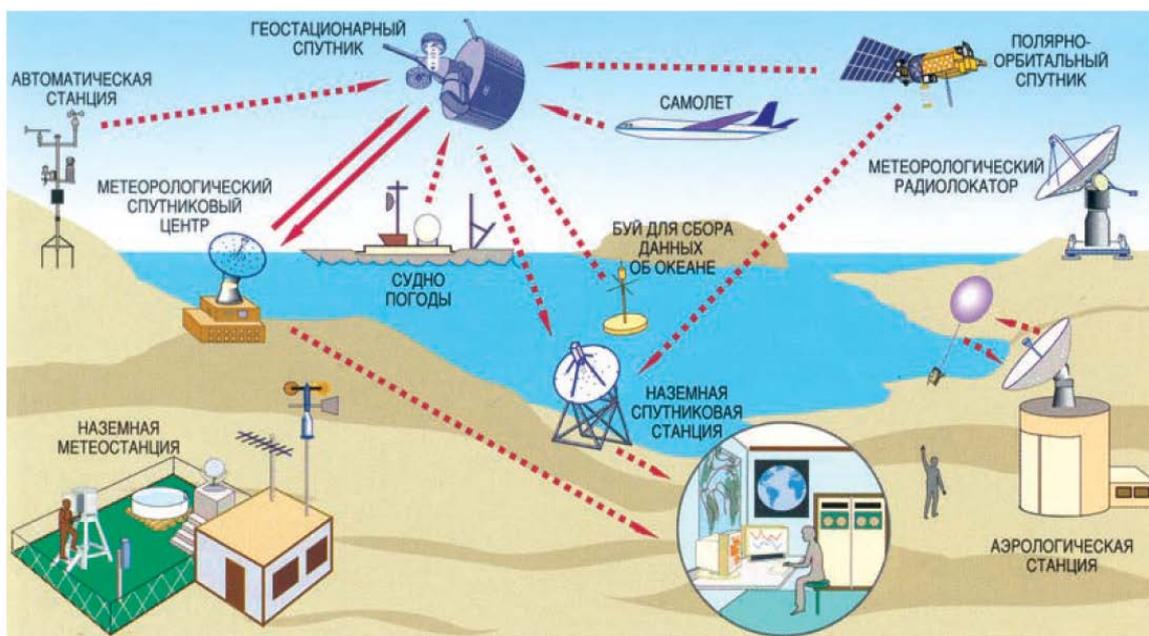


Рис. 1.1. Глобальная система наблюдений Всемирной метеорологической организации (ВМО) (Васильев, Вильфанд, 2008)

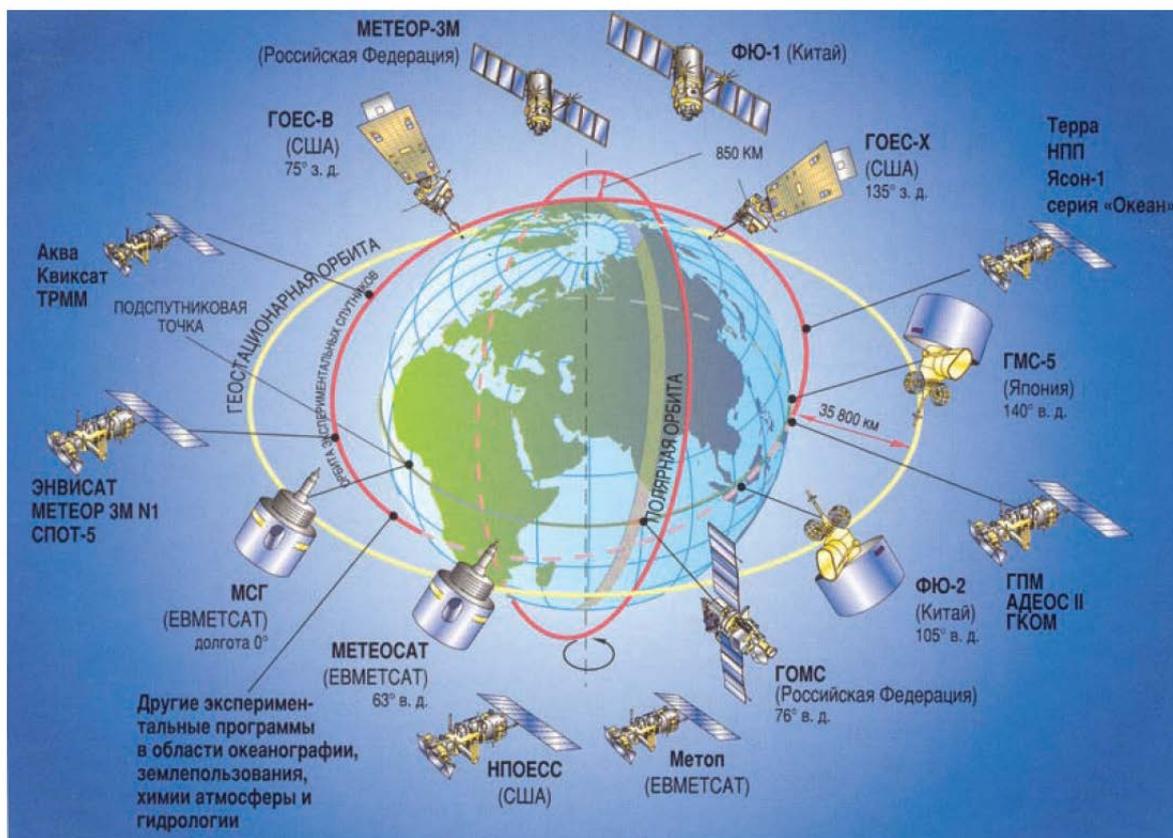


Рис. 1.2. Космические компоненты глобальной системы наблюдений Всемирной метеорологической организации (ВМО) (Васильев, Вильфанд, 2008)

Сведения о многих важных характеристиках атмосферы, поверхности суши, морей и океанов в масштабе планеты получают с помощью системы постоянно действующих метеорологических искусственных спутников Земли. Специально оборудованные самолеты обеспечивают сбор гидрометеорологических данных со значительных территорий.

Органом государственного управления в сфере обеспечения метеорологической безопасности и наблюдений за состоянием атмосферы является Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Служба Росгидромета входит в состав Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Зарубежных представительств и подведомственных органов государственной власти Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды не имеет.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 июля 2004 года № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», с изменениями согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 29 мая 2008 года № 404 Росгидромет является федеральным органом исполнительной власти, оказывающим государственные услуги в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, услуги по мониторингу окружающей среды и ее загрязнению, по государственному надзору за активным воздействием на метеорологические и другие геофизические процессы. Оказание государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областей, по мониторингу окружающей среды и ее загрязнения осуществляется Росгидрометом в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Росгидромет в указанной сфере деятельности обеспечивает выполнение обязательств Российской Федерации по международным договорам, в том числе по Конвенции Всемирной метеорологической организации, Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

Принципиальным для деятельности Росгидромета в качестве уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области мониторинга окружающей среды и ее загрязнения является обеспечение права граждан на достоверную информацию о состоянии окружающей среды, закрепленного в ст. 42 Конституции Российской Федерации.

Росгидромет осуществляет свою деятельность непосредственно и через свои территориальные органы во взаимодействии с другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями и иными организациями.

Деятельность Росгидромета базируется на международном обмене гидрометеорологической и другой информации о состоянии окружающей среды на глобальном уровне.

Миссия Росгидромета состоит в обеспечении гидрометеорологической безопасности Российской Федерации и предоставлении государственных услуг по гидрометеорологии, смежным с ней областям и по мониторингу загрязнения окружающей среды. Эта деятельность направлена на достижение следующих национальных целей:

- повышение качества жизни населения;
- обеспечение высоких темпов устойчивого экономического роста;
- создание потенциала для будущего развития;
- повышение уровня национальной безопасности.

Гидрометеорологическая служба осуществляет свою деятельность на основе следующих принципов:

1) глобальность и непрерывность наблюдений за состоянием окружающей среды, за ее загрязнением;

2) единство и сопоставимость методов наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением, а также методов сбора, обработки, хранения и распространения полученной в результате наблюдений информации;

3) безопасность проведения работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы;

4) интеграция с внутригосударственными и международными системами мониторинга окружающей среды, ее загрязнения;

5) эффективность использования информации о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении;

6) обеспечение достоверности информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении, и о ее доступности для пользователей (потребителей);

7) соответствие деятельности гидрометеорологической службы задачам охраны здоровья населения, защиты окружающей среды и обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности.

Обеспечение защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от воздействия опасных природных явлений, изменений климата (обеспечение гидрометеорологической безопасности) – первая стратегическая цель Росгидромета. Деятельность в рамках достижения указанной цели, в первую очередь, направлена на снижение потерь от *опасных гидрометеорологических явлений* (ОЯ) – природных процессов и явлений, которые по своей интенсивности (силе), масштабу распространения и продолжительности оказывают или могут оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, на объекты экономики и окружающую среду.

Эта деятельность осуществляется, прежде всего, путем незамедлительной передачи экстренной информации об опасности возникновения и развития ОЯ в Национальный центр управления в кризисных ситуациях, в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также путем передачи штормовых предупреждений и (или) штормовых оповещений населению, государственным органам исполнительной власти и органам местного самоуправления.

Актуальной остается задача повышения эффективности активного воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления. Прежде всего, это касается мер по защите населения, рекреационных центров и объектов экономики от снежных лавин, активных воздействий с целью улучшения метеоусловий во время проведения массовых мероприятий, спортивных соревнований, а также противорадовой защиты сельскохозяйственных посевов.

Второй стратегической целью Росгидромета является обеспечение потребностей населения, органов государственной власти, секторов экономики, Вооруженных сил Российской Федерации, Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в гидрометеорологической, гелиогеофизической информации, а также в информации о состоянии окружающей среды, ее загрязнении. Деятельность по достижению указанной цели включает в себя:

– предоставление информации о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды и ее загрязнении населению, органам государственной власти, секторам экономики, Вооруженным силам Российской Федерации, Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– формирование государственных информационных ресурсов в области гидрометеорологии и смежных с ней областях (метеорологии, климатологии, агрометеорологии, гидрологии, океанологии, гелиогеофизики), мониторинга состояния окружающей среды, ее загрязнения.

Третья стратегическая цель Росгидромета — гидрометеорологическое обеспечение деятельности России в Арктике, Антарктике (в районе действия Договора об Антарктике) и Мировом океане.

Деятельность Росгидромета в рамках этой цели направлена, в первую очередь, на развитие сети пунктов сбора гидрометеорологической и гелиогеофизической информации и передаваемой обзорной и прогностической информации о состоянии окружающей среды в регионах Арктики, Антарктики и в акватории Мирового океана.

В последнее время эта деятельность приобретает особо важное значение в связи с решением задач по освоению природных ресурсов этих регионов.

Реализация миссии и достижение стратегических целей осуществляется путем решения следующих основных задач Росгидромета:

1) обеспечение органов государственной власти, Вооруженных сил Российской Федерации, а также населения информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении;

2) обеспечение выпуска экстренной информации об опасных природных явлениях, о фактических и прогнозируемых резких изменениях погоды и загрязнении окружающей среды, которые могут угрожать жизни и здоровью населения и наносить ущерб окружающей среде;

3) организация составления прогнозов погоды, водности, урожая сельскохозяйственных культур, глобальных и региональных изменений климата;

4) обеспечение работы противолавинной службы;

5) участие в установленном порядке в проведении гидрометеорологической экспертизы проектов освоения территорий;

6) согласование в установленном порядке условий гидрометеорологического и гелиогеофизического обеспечения плавания судов, полетов летательных аппаратов, работы космонавтов в космосе, проведения спасательных операций;

7) проведение исследований гидрометеорологических и гелиогеофизических процессов в атмосфере, на поверхности суши, в Мировом океане, Арктике и Антарктике, а также в околоземном

космическом пространстве в части изучения и прогнозирования радиационной обстановки, состояния ионосферы и магнитного поля Земли;

8) государственный учет в пределах своей компетенции поверхностных вод и ведение государственного водного реестра в части поверхностных водных объектов в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;

9) ведение Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды, ее загрязнении;

10) обеспечение функционирования на территории Российской Федерации пунктов гидрометеорологических наблюдений и системы получения, сбора и распространения гидрометеорологической информации;

11) государственный мониторинг атмосферного воздуха (в пределах своей компетенции);

12) государственный мониторинг водных объектов в части поверхностных водных объектов (в пределах своей компетенции);

13) государственный мониторинг континентального шельфа в порядке, определяемом законодательством Российской Федерации (в пределах своей компетенции);

14) руководство и контроль деятельности Российской антарктической экспедиции.

Организация и проведение гидрометеорологических наблюдений в РФ возложена на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Росгидромет в рамках своей компетенции управляет всеми системами сбора первичной информации, главным образом через республиканские и межобластные управления гидрометеорологической службы (УГМС). Сеть станций и постов распределена по УГМС.

Существующие станции гидрометеорологической сети делятся:

1) по объему выполняемых работ и соответствующему штату и оборудованию – на разряды (I, II и III);

2) по виду исследуемых объектов и степени технической оснащенности (степени автоматизации работ) станции подразделяются на:

– метеорологические (сокращенное обозначение – М);

– автоматические радиометеорологические (АРМС);

– аэрологические (АЭ);

– гидрологические (Г);

– морские гидрометеорологические (прибрежные) (МГ);

– судовые гидрометеорологические (СГ);

– специализированные: авиационные метеорологические станции гражданской авиации (АМСГ), агрометеорологические (А), болотные (Б), воднобалансовые (Вб), дрейфующие (СП), озерные (О), плавучие (ПОМ), селестоковые (Сс), снеголавинные (Сл) и устьевые.

Метеорологические посты по виду исследуемых объектов и степени технической оснащённости разделяются на:

- метеорологические (МП);
- гидрологические (ГП);
- озерные гидрометеорологические (ГП);
- морские гидрометеорологические (МГП);
- специализированные: агрометеорологические (АМП), метеорологические авиационные (МАП) и посты наблюдений за загрязнением окружающей природной среды.

Станции и посты оснащаются техническими средствами в соответствии с их разрядом и видом, согласно типовому табелю оборудования. Станции и посты, к информации которых предъявляются повышенные требования (по ее объему, составу и времени представления), дополнительно оснащаются дистанционными автоматически действующими приборами, установками и измерительно-информационными системами. Так, например, на АМСГ крупных аэропортов установлены комплексные радиотехнические автоматические метеорологические станции (КРАМС), а на некоторых станциях I разряда – унифицированные автоматические телеметрические гидрометеорологические станции (УАТГМС).

Метеорологическая сеть формирует первичную информацию о состоянии нижнего слоя атмосферы (до нескольких сот метров) и подстилающей поверхности, а с помощью специальных наземных технических средств – и информацию о некоторых процессах в более высоких слоях атмосферы.

Основные принципы организации всех видов гидрометеорологических наблюдений и формирования гидрометеорологической информации на гидрометеорологических станциях и постах обусловлены «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам». Оно состоит из 12 выпусков (в дальнейшем именуется «Наставлением») и является основным документом, которым руководствуются при проведении наблюдений на метеостанциях является (вып. 3, часть 1 «Метеорологические наблюдения на станциях», 1985).

На основании данных метеонаблюдений, полученных с метеостанций, составляются прогнозы погоды. Прогнозы погоды классифицируются в зависимости от их заблаговременности (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация метеорологических прогнозов
в зависимости от их заблаговременности

№ п/п	Вид прогноза погоды	Заблаговременность прогноза погоды
1	Текущий	От 0 до 2 часов
2	Сверхкраткосрочный	До 12 часов
3	Краткосрочный	От 12 до 72 часов
4	Среднесрочный	От 72 до 240 часов
5	Увеличенной заблаговременности	От 10 до 30 суток
6	Долгосрочный	От 30 до 3 лет

Крупные метеорологические центры, оснащенные мощной вычислительной техникой, ежедневно на основе глобальных моделей общей циркуляции атмосферы производят расчет на 5–7 суток. Они рассчитывают поля давления, высоты изобарических поверхностей, поля ветра и температуры, другое, а также автоматически, в кодированном виде, распространяют информацию по оперативным прогнозным организациям (рис. 1.3).

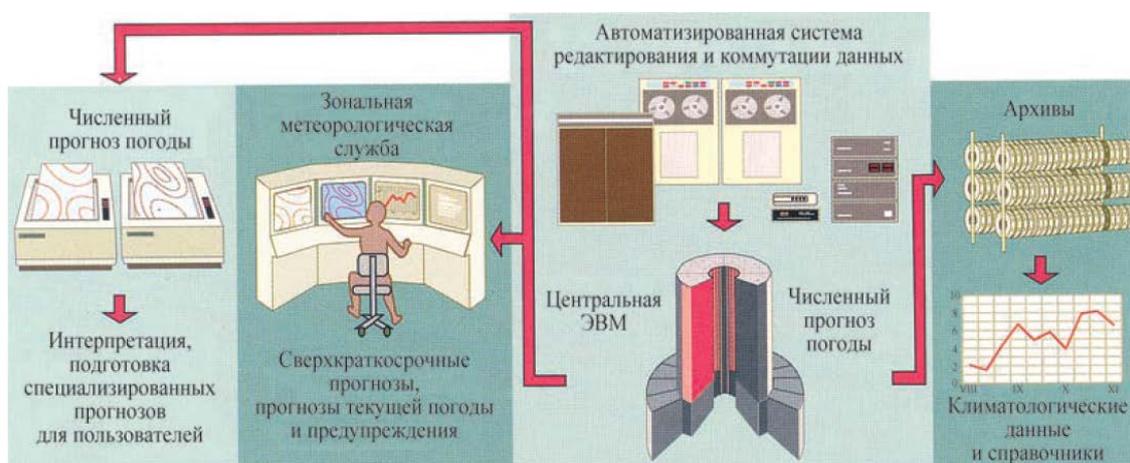


Рис. 1.3. Оперативные функции метеорологического центра
(Васильев, Вильфанд, 2008)

В Гидрометцентре России, головной организацией Росгидромета в сфере прогнозирования погоды, выполняются как научные исследования, так и весь оперативный цикл подготовки прогнозов (рис. 1.4). Это подготовка численных прогнозов по глобальной модели общей циркуляции атмосферы на супер ЭВМ, функционирование технологических линий по составлению прогнозов для полетов воздушных судов, по обеспечению морской деятельности, составлению

агрометеорологических и гидрологических прогнозов, прогнозов опасных явлений погоды и др. (Васильев, Вильфанд, 2008).

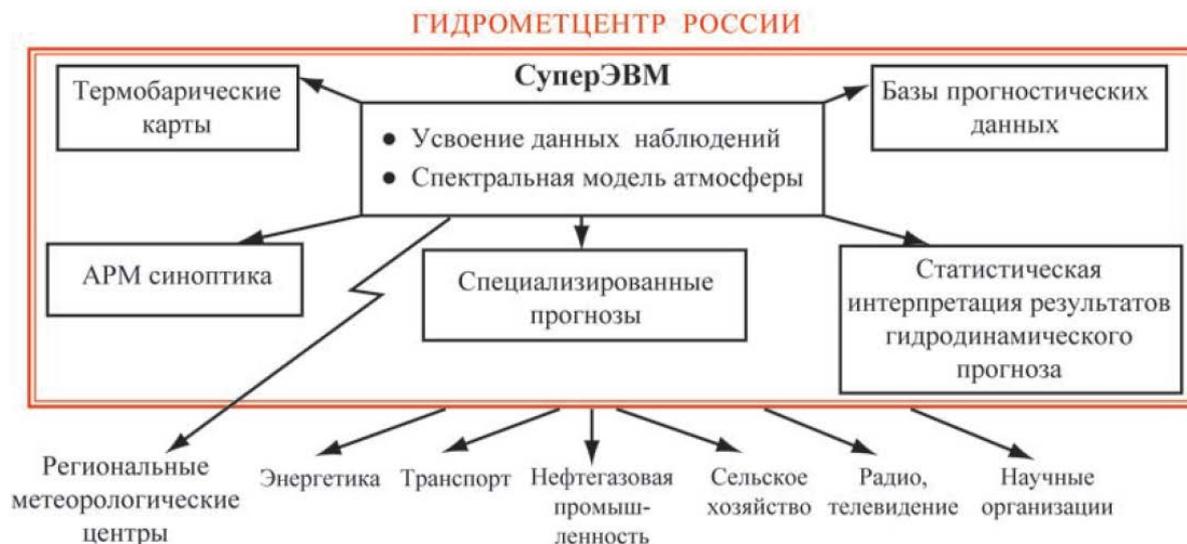


Рис. 1.4. Оперативный цикл подготовки прогнозов в «Гидрометцентре России» (Васильев, Вильфанд, 2008)

Огромное число данных, поступающих в метеорологический центр, периодически или непрерывно усваивается моделью и преобразуется в трехмерную структуру, отображающую реальное состояние атмосферы, называемое анализом. Такой автоматизированный анализ в отличие от ручного или субъективного, называется объективным.

В современных моделях используется метод анализа, получивший название вариационного. Он заключается в совместном использовании данных, предвычисленных моделью на срок анализа, и результатов фактических наблюдений.

Практически анализ осуществляется посредством регулярной коррекции краткосрочного прогноза за счет вновь полученных данных (рис. 1.5).

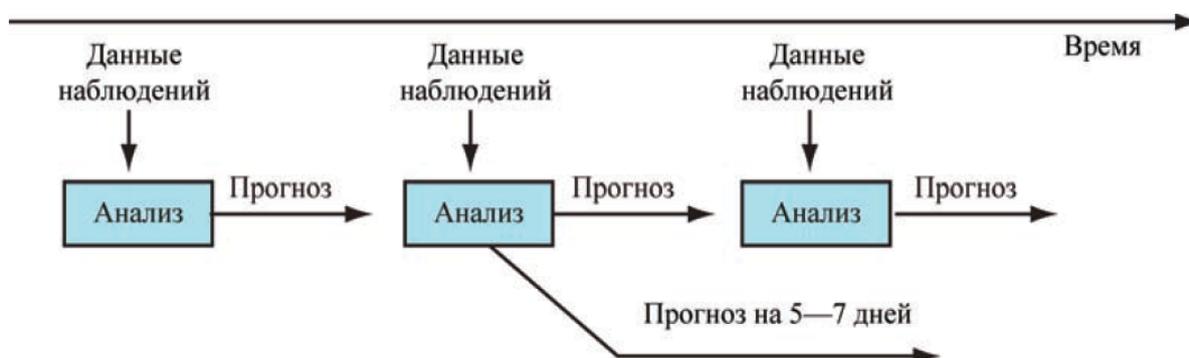


Рис. 1.5. Схема объективного анализа данных метеорологических наблюдений (Васильев, Вильфанд, 2008)

Локальный прогноз погоды составляется синоптиками оперативных прогностических организаций в составе Росгидромета, расположенных в городах и районах, где необходимо обслуживать различные отрасли экономики (аэродромы, морские порты и т. д.).

Прогностические организации имеют постоянный доступ к выходной продукции метеорологических центров. Основываясь на этой продукции и используя дополнительную информацию о состоянии атмосферы, разработанные методики прогноза, а также свои теоретические знания и опыт, специалисты составляют прогноз погоды и обслуживают потребителей. Технология подготовки таких прогнозов схематически представлена на рисунке 1.6.



Рис. 1.6. Технологическая схема подготовки прогноза погоды по пункту, району, территории (Васильев, Вильфанд, 2008)

Непрерывное слежение за метеорологическими условиями (мониторинг) над территорией прогноза необходимо для определения

каких-либо признаков изменения погоды и особенно признаков развития опасных явлений погоды. Для указанных целей проводится анализ карт погоды.

Анализ приземных карт погоды включает в себя построение поля давления и проведения атмосферных фронтов (рис. 1.7). Построение поля давления осуществляется путем проведения линий равного давления (изобар) с последующим выделением синоптических образований (циклонов, антициклонов, гребней, ложбин и др.).

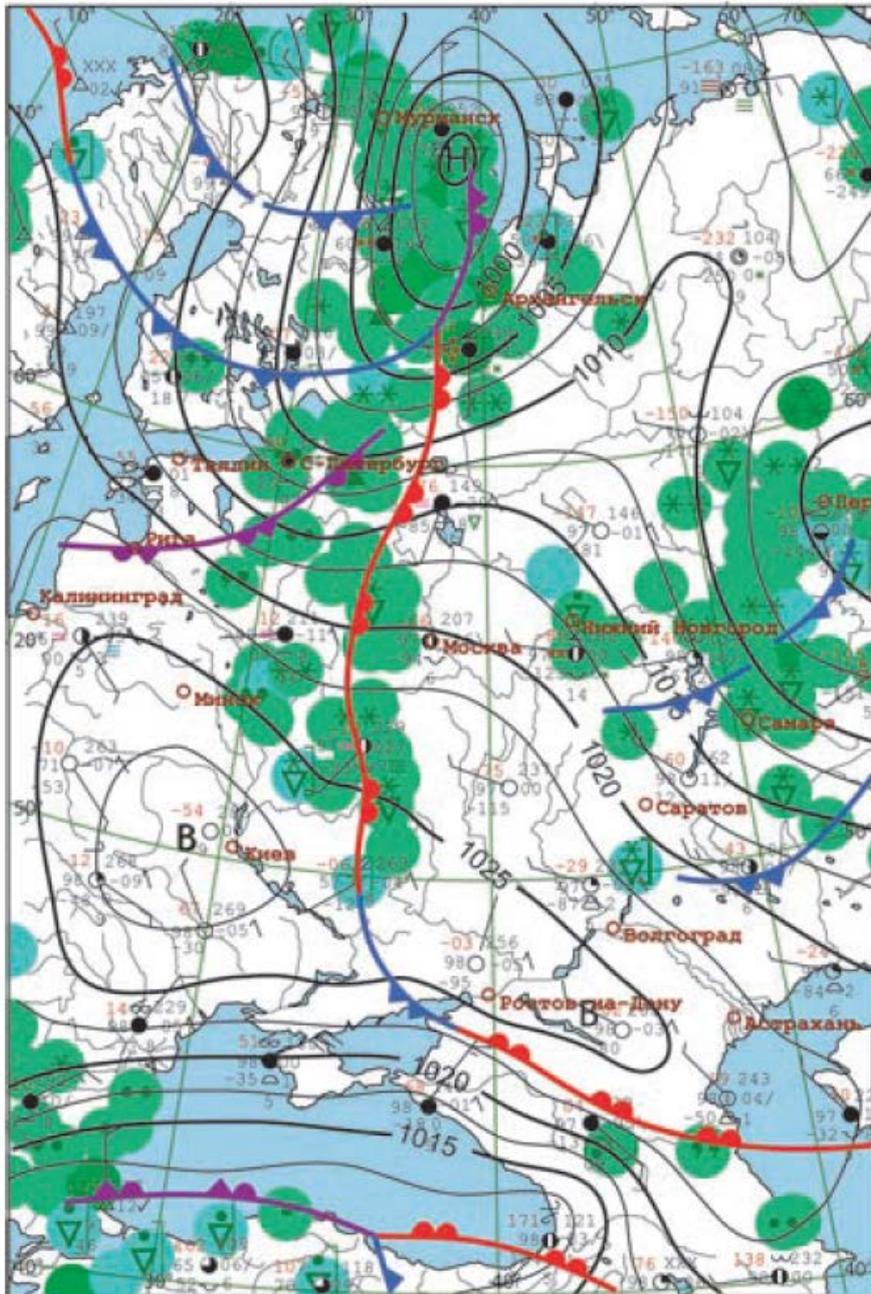


Рис. 1.7. Пример приземной карты погоды за 19.11.2007 г. (Васильев, Вильфанд, 2008)

Полезным является анализ поля относительной барической топографии слоя 500–1000 гПа, поскольку он выявляет среднюю температуру атмосферы ниже слоя 500 гПа (рис. 1.8).

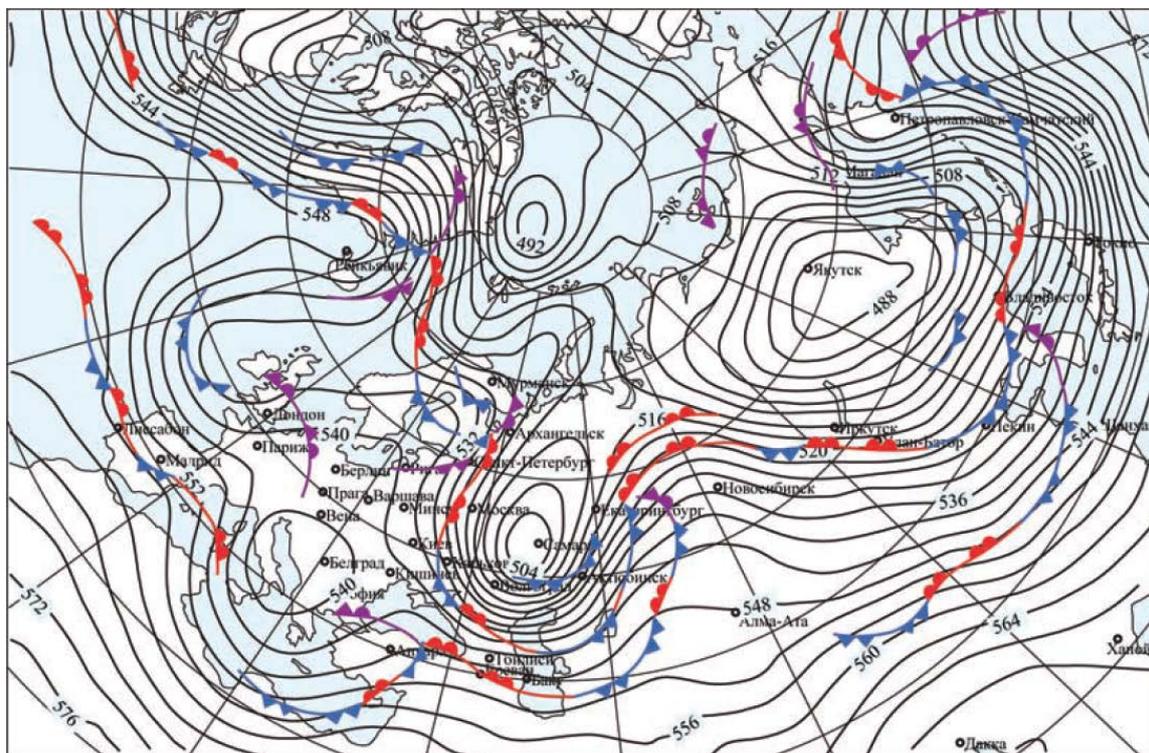


Рис. 1.8. Карта относительной барической топографии слоя 500–1000 гПа (Васильев, Вильфанд, 2008)

Такие опасные явления, как сильные снегопады, шквалы, смерчи, ливни, как правило, кратковременны. Они возникают почти мгновенно, существуют в течение нескольких часов, и методы их прогноза требуют учета совсем иных проявлений атмосферных процессов, а также объема и качества данных по сравнению с теми, которые используются при среднесрочном и долгосрочном прогнозах. В то же время предупреждения о возникновении опасного явления за несколько часов до его начала бывает достаточно для принятия необходимых мер по сохранению жизни и предотвращению возможного ущерба. Система подготовки прогнозов и предупреждения Росгидромета о стихийных гидрометеорологических явлениях учитывает все эти факторы. Схема данной системы представлена на рисунке 1.9.

В большинстве стран, часто подвергающихся ударам стихии, как и в России, существуют системы предупреждения об опасных явлениях. Такая система включает в себя следующие элементы:

- 1) сбор данных;
- 2) обнаружение опасных явлений (включая определение условий, благоприятных для их формирования);

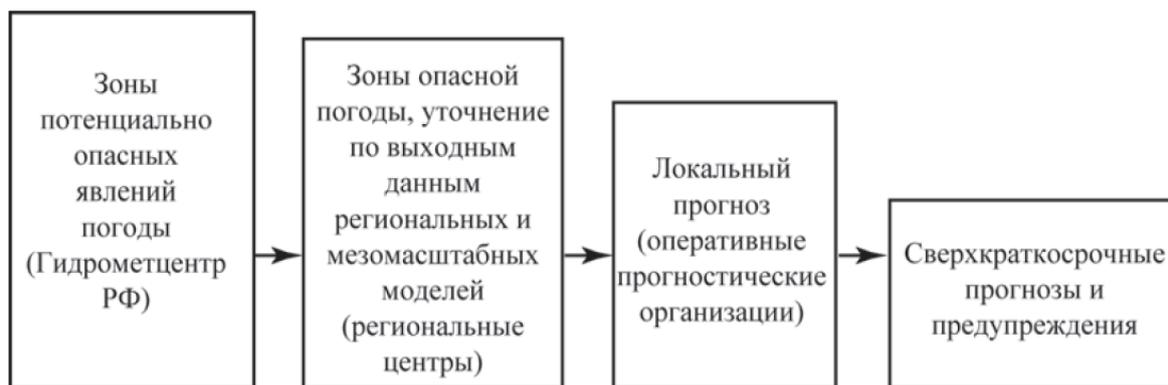


Рис. 1.9. Схема подготовки прогнозов опасных явлений погоды (Васильев, Вильфанд, 2008)

- 3) прогноз опасных явлений;
- 4) наблюдения за развитием явления и формулировку оповещения;
- 5) распространение информации;
- 6) общественную реакцию и обратную связь;
- 7) обеспечение данными в период ликвидации последствий стихийного бедствия.

1.2. Состав первичной метеорологической информации. Измеряемые величины

Первичная метеорологическая информация включает результаты измерений целого ряда физических (метеорологических) величин, а также количественные и качественные оценки отдельных атмосферных процессов.

В метеорологии широко принято понятие «*метеорологический элемент*» – обобщающее название некоторых атмосферных явлений (туман), элементов атмосферы (облачность), характеристик состояния атмосферы и отдельных метеорологических (физических) величин (температура воздуха, давление атмосферы и др.). Понятие «метеорологический элемент» нельзя отождествлять с понятием «физическая (метеорологическая) величина»: они тождественны только в отдельных случаях (например, относительно температуры воздуха). В некоторых случаях метеорологический элемент характеризуется несколькими величинами (а иногда многими). Поэтому выражение «измерение метеорологического элемента» не всегда имеет смысл, и применять его без особой необходимости не следует. Первичная метеорологическая информация формируется как результат

измерений некоторых физических величин и информации, получаемой путем визуальных наблюдений, оценки состояния атмосферы и развития отдельных процессов. В таблице 1.2 приведен перечень основных метеорологических элементов и измеряемых величин.

Таблица 1.2

Метеорологические элементы и измеряемые (вычисляемые) величины

Метеорологический элемент	Измеряемая (вычисляемая) величина, характеристика	Единица измерения, оценка, характеристики	
		Наименование	Обозначение
Температура воздуха	Температура (текущая, экстремальная)	Градус Цельсия, Кельвин	°С, К
	Градиенты температуры	Градус на метр, Кельвин на метр	°С/м, К/м
Температура воды	Температура (текущая, экстремальная)	Градус Цельсия, Кельвин	°С, К
	Градиенты температуры	Градус на метр, Кельвин на метр	°С/м, К/м
Температура почвы	Температура (текущая, экстремальная)	Градус Цельсия, Кельвин	°С, К
	Градиенты температуры	Градус на метр, Кельвин на метр	°С/м, К/м
Давление атмосферы	Давление	Паскаль, миллибар, миллиметр ртутного столба	Па, мбар, мм рт. ст.
Барическая тенденция	Изменение давления за 3 часа	Миллибар за 3 часа	мбар/3 ч
Влажность воздуха	Парциальное давление	Миллибар	мбар
	Относительная влажность	Процент	%
	Точка росы	Градус Цельсия	°С
Ветер	Скорость (мгновенные, средние и максимальные значения)	Метр в секунду, балл	м/с, балл
	Направление	Градус дуги	°
Румбы		С, В, Ю, З	
Осадки	Количество (толщина слоя выпавшей воды на горизонтальную поверхность)	Миллиметры	мм
	Вид (твердые, жидкие)	Обозначение по коду	—
	Интенсивность	Миллиметр в минуту	мм/мин

Продолжение табл. 1.2

Метеорологический элемент	Измеряемая (вычисляемая) величина, характеристика	Единица измерения, оценка, характеристики	
		Наименование	Обозначение
	Продолжительность (начало, конец)	Часы, минуты	ч, мин
Снежный покров	Плотность	Грамм на кубический сантиметр	г/см ³
	Запас воды (толщина слоя воды, образующегося при полном таянии снега)	Миллиметр	мм
	Высота	Сантиметр	см
Гололед	Плотность	Грамм на кубический сантиметр	г/см ³
	Количество льда, осаждающееся на погонный метр провода	Грамм на метр	г/м
Роса	Количество (толщина слоя воды на горизонтальной поверхности)	Миллиметр	мм
	Время выпадения и испарения	Часы, минуты	ч, мин
Испарение с поверхности почвы, с водной поверхности	Количество (толщина слоя испарившейся воды)	Миллиметр	мм
Облачность	Количество	По 10-балльной шкале	балл
	Высота верхней и нижней границ	Метры	м
	Форма	По Атласу облаков	–
Видимость	Прозрачность атмосферы	Процент	%
	Метеорологическая дальность видимости	Метр, километр	м, км
Туман	Интенсивность	По «наставлению»	–
	Продолжительность	Часы, минуты	ч, мин
Гроза	Интенсивность	Число разрядов	–
	Продолжительность	Часы, минуты	ч, мин
Прямая солнечная радиация	Продолжительность солнечного сияния	Часы, минуты	ч, мин
	Энергетическая освещенность	Ватт на квадратный метр, калория в минуту на квадратный сантиметр	Вт/м ² , кал/(мин·см ²)

Окончание табл. 1.2

Метеорологический элемент	Измеряемая (вычисляемая) величина, характеристика	Единица измерения, оценка, характеристики	
		Наименование	Обозначение
	Доза облучения	Джоуль на квадратный см, калория на квадратный см	Дж/см ² , кал/см ²
Солнечная радиация суммарная, рассеянная, отраженная, остаточная (баланс)	Энергетическая освещенность	Ватт на квадратный метр, калория в минуту на см ²	Вт/м ² , кал/см ²
	Доза облучения	Джоуль на квадратный сантиметр, калория на квадратный сантиметр	Дж/см ² , кал/см ²
Длинноволновая радиация атмосферы	Доза облучения (за час, сутки, декаду, месяц, год)	Джоуль на квадратный сантиметр, калория на квадратный сантиметр	Дж/см ² , кал/см ²
	Энергетическая освещенность	Ватт на квадратный метр, калория в минуту на квадратный сантиметр	Вт/м ² , кал/(мин-см)
Напряженность электрического поля атмосферы	Напряженность электрического поля	Вольт на метр	В/м
Проводимость атмосферы	Электропроводность	Сименс на метр	Си/м
Радиоактивность воздуха, воды, поверхности почвы, снежного покрова, осадков	Радиоактивность	Кюри	Ки
	Концентрация раствора вещества	Кюри на метр, Кюри на кубический метр	Ки/м, Ки/м ³
	Плотность выпадений	Кюри на квадратный метр, Кюри на квадратный километр	Ки/м ² , Ки/км ²
	Доза облучения	Рентген	Р
	Мощность дозы облучения	Рентген в секунду	Р/с
Загрязнения атмосферы	Концентрация загрязняющих веществ в воздухе	Миллиграмм на кубический метр	мг/м ³
Содержание химических веществ в осадках	Концентрация веществ	Миллиграмм на литр	мг/л

1.3. Средства и методы метеорологических измерений

Средства измерений, применяемые для определения значений метеорологических величин, называют *метеорологическими*. Метеорологические измерения основываются главным образом на физических методах; в последнее время развиваются также химические методы исследования атмосферы.

Метеорологические средства измерения весьма разнообразны по назначению, принципу действия и устройству.

Наряду с измерительными системами^{*}, сложными установками^{**} и приборами^{***} применяются весьма простые по устройству установки и приборы. Измерительный прибор должен вырабатывать зрительно воспринимаемые (наблюдателем) сигналы измерительной информации.

По форме выдаваемых сигналов измерительные приборы делят на аналоговые, дающие непрерывные значения измеряемой величине, и цифровые, вырабатывающие дискретные значения в виде сигналов в цифровой форме.

Показывающие измерительные приборы обеспечивают только возможность отсчета показаний, а регистрирующие приборы обеспечивают также запись показаний (цифropечатающие и самопишущие измерительные приборы).

Принятые названия конкретных метеорологических приборов определяются измеряемой ими величиной (или объектом измерения), причем названия показывающих приборов имеют окончания «метр» или «мер» (барометр, дождемер), регистрирующих – «граф» (барограф); встречаются названия из двух слов (измеритель давления, указатель направления, регистратор давления).

Каждый измерительный прибор состоит из нескольких элементов, выполняющих последовательное преобразование измеряемой величины в зрительно воспринимаемый сигнал или сигнал, воспринимаемый регистрирующим устройством.

* Система измерительная – совокупность измерительных и вспомогательных средств, соединенных между собой каналами связи, обеспечивающая формирование информации в форме, удобной для автоматической передачи и использования другими автоматическими системами.

** Установка измерительная – совокупность (группа) функционально связанных измерительных и вспомогательных средств и устройств, соединенных каналами связи.

*** Прибор измерительный – средство измерений, обеспечивающее выработку сигналов измерительной информации в форме, доступной наблюдателю для непосредственного восприятия.

Структура прибора местного действия, содержащего три измерительно-преобразовательных элемента, приведена на рисунке 1.10.



Рис. 1.10. Схема структурная прибора местного действия

Первичный преобразователь (чувствительный элемент)^{*} воспринимает воздействие некоторой физической величины и преобразует ее в другую величину, воспринимаемую промежуточным преобразователем, который в свою очередь преобразует ее в величину, воспринимаемую последующим преобразователем, непосредственно связанным с указывающим или регистрирующим устройством, дающим выходную величину. Большинство метеорологических приборов и установок, особенно дистанционного действия, имеет более сложную структуру.

Приборы и установки дистанционного действия, в отличие от приборов местного действия, позволяют получать результаты измерений на значительных расстояниях. В пункте (точке) измерения устанавливается датчик^{**}, который через то или иное расстояние передает информацию приемному устройству. В дистанционном приборе процесс измерения складывается из большого числа операций преобразования измеряемой величины в промежуточные.

Первичный преобразователь датчика (рис. 1.11) воспринимает измеряемую величину и с помощью других преобразователей последовательно преобразует ее в величину, пригодную для передачи по каналам связи в приемное устройство.

Преобразователь приемного устройства преобразует полученную от датчика величину в другую, воспринимаемую указывающим (регистрирующим) устройством. Преобразование измеряемых метеорологических неэлектрических величин в электрические требует электрических источников питания, которые содержатся в современных приборах и установках.

^{*} Первичный преобразователь содержит чувствительный элемент, а иногда состоит только из него, поэтому в дальнейшем в ряде случаев оба эти понятия отождествляются.

^{**} Датчик – это прибор, устанавливаемый в точке измерения и обеспечивающий преобразование измеряемой величины в электрическую величину, пригодную для передачи по каналу связи.



Рис. 1.11. Схема структурная дистанционного прибора

В зависимости от назначения, принципа действия и конструкции прибора он может содержать различное число преобразователей различного функционального назначения. Но главным образом первичный преобразователь (чувствительный элемент) определяет физический принцип действия прибора. Выбранная в качестве выходной величина чувствительного элемента, характеризующая его состояние, должна находиться в однозначной функциональной зависимости от измеряемой величины.

Среда, в которой производятся метеорологические измерения (например, атмосфера), является сложной физической системой. Она характеризуется многими физическими величинами. Поэтому прибор (его преобразователи и элементы) оказывается под воздействием не только измеряемой, но и других величин, что может повлиять на результат измерения. Величину, воздействие которой сказывается на результатах измерения, называют влияющей величиной.

Воздействие влияющих величин на показания прибора исключают дополнительными устройствами или учитывают при получении результата измерений путем приведения его к нормальным условиям (при нормальных значениях влияющих величин, установленных для данного вида приборов стандартом или другими нормативными документами).

Таким образом, метеорологические приборы, воспринимая воздействие измеряемой метеорологической величины (например, давления атмосферы), должны выдавать значения этой величины в принятых для ее измерения единицах (например, в мбар) или в условных единицах. В последнем случае для получения конечного результата измерения необходимо выполнить некоторые вычисления.

Погрешность измерений

Результат измерения величины A всегда в какой-то мере отличается от ее истинного значения X .

Отклонение результата измерения от истинного значения называют погрешностью, $\Delta = X - A$. Погрешность измерения складывается из погрешности метода* измерений (зависящей от степени совершенства метода) и погрешности средств измерений, применяемых при данном методе измерений.

Погрешности выражаются как в абсолютных, так и в относительных значениях.

Абсолютная погрешность прибора определяется как разность между его показанием и истинным значением измеряемой величины и выражается в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины. Часто задается приведенная погрешность – отношение абсолютной погрешности прибора к нормирующему значению, например к верхнему пределу или диапазону измерений.

По существу и характеру изменчивости погрешности делят на *систематические* и *случайные*. К систематическим относят погрешности, остающиеся постоянными или меняющиеся закономерно при повторных измерениях одной и той же величины; к случайным – погрешности, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Систематическую погрешность разделяют на две части: *основную* и *дополнительную*. Основная часть – это погрешность измерения при нормальных условиях для данного средства и метода; дополнительная часть – изменение погрешности, возникающее при отклонении условий измерения от нормальных. Систематическая погрешность может быть определена экспериментально или вычислена и исключена.

Единицы измерений

Принятые в метеорологии единицы измерений соответствуют международной системе единиц измерения (СИ), но отдельные метеорологические величины до сего времени выражают как в единицах СИ, так и в традиционно принятых единицах; например, атмосферное давление – в миллибарах и миллиметрах ртутного столба.

Многие единицы, принятые в метеорологии, являются дольными и кратными. Некоторые производные единицы используются

* Методом измерений называют совокупность правил и приемов применения измерительных технических средств и принципов, используемых при измерении конкретной величины.

только в метеорологии, например, миллиметр слоя воды для измерения осадков и испарения (см. табл. 1.1).

Требования к метеорологическим приборам

К метеорологическим приборам предъявляются специфические требования, связанные с условиями их эксплуатации. Ко всем метеорологическим приборам, предназначенным для работы в естественных условиях (за небольшим исключением), предъявляются требования безотказной работы во всех климатических зонах нашей страны. Это соответствует требованию безотказной работы при температуре от минус 60 до +50 °С, при высокой влажности воздуха, выпадении жидких и твердых осадков, наличии тумана, большой запыленности воздуха, при больших ветровых нагрузках и т. д.

Массовость применения метеорологических приборов, их распространенность по всей территории страны, включая удаленные и труднодоступные пункты, предполагают требования высокой надежности приборов при длительной эксплуатации, возможность их перевозки всеми видами транспорта и длительное хранение (не менее одного года).

Приборы должны сохранять в течение длительного времени (не менее одного года) свои метеорологические характеристики. К приборам, применяемым для получения информации для оперативного метеорологического обслуживания (например, авиации), предъявляются особые требования. Они должны обеспечивать быстроту измерений и съема результатов (для чего процесс измерений должен быть прост), исключать ошибки, а результат должен выдаваться непосредственно в требуемых единицах (без дополнительных вычислений).

К отдельным приборам в связи с особенностями измеряемых ими величин предъявляются весьма высокие требования по ограничению погрешностей измерения.

Важно, чтобы необходимая мощность потребления энергии приборами, построенными на электрических принципах измерений, была возможно меньшей. В отдельных случаях метеорологические приборы должны иметь собственные источники питания, действующие постоянно или только в аварийном режиме.

Требования к каждому прибору обычно определяются на этапе его проектирования техническим заданием, а при серийном производстве – техническими регламентами (ТР), государственными стандартами (ГОСТами), отраслевыми стандартами (СТО), стандартами предприятия (СТП), техническими условиями (ТУ).

1.4. Единство метеорологических измерений

Сопоставление результатов измерений возможно только при единстве измерений, когда результаты выражены в принятых единицах, а погрешности известны и заданы. Росгидромет обеспечивает единство измерений общегосударственными и ведомственными нормативно-техническими документами (ГОСТами, наставлениями, руководящими документами, СТО, СТП, ТУ и др.), определяющими единство средств, методов и времени измерений.

Метеорологические величины меняются во времени и пространстве. Их значения зависят от времени года, времени суток, широты места, от характера местности и высоты над уровнем моря.

Для получения сопоставимых (сравнимых между собой) результатов измерения метеорологических величин они привязываются к определенному месту (точке) пространства и к определенному времени. Поэтому метеорологические станции распределяются по всей территории в пунктах, характерных для данной местности; на метеорологических станциях и постах. Уровни, на которых производятся измерения, строго определены (особенно для величин, явно зависящих от высоты). Строго регламентировано время проведения измерений (особенно величин, имеющих большой суточный ход).

Для того чтобы результаты измерений были сравнимыми, необходимо производить измерения при одинаковом положении Солнца относительно плоскости меридиана данного места наблюдения (в одно и то же местное время). Однако во многих случаях, в частности для целей прогноза погоды, необходимо иметь данные о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности, отнесенные к одному физическому моменту времени (синхронные измерения). В настоящее время метеорологические измерения в РФ производятся в определенные сроки по московскому времени. Для этого на метеорологических станциях ведется служба времени – хранение времени.

Для хранения времени на станции необходимо иметь часы с хорошим ходом. Как бы хорошо ни шли часы, с течением времени их показания начнут расходиться с точным временем (часы могут несколько отставать или спешить). Тогда на их показания необходимо вводить поправку. Поправка с течением времени также может меняться.

Изменение поправки показания часов за одни сутки называется суточным ходом часов. Качество часов характеризуется степенью постоянства их суточного хода. Для хранения времени нужно иметь

часы с достаточно постоянным суточным ходом. Суточный ход часов должен быть точно определен, и к показаниям часов вычислена поправка. Суточный ход часов определяется проверкой показаний часов по сигналам точного времени, передаваемым по радио. Сигналы точного времени передаются широкоэмитательными радиостанциями РФ ежечасно по московскому времени (время II пояса). Они содержат шесть отдельных сигналов. Конец часа точного времени совпадает с последним (шестым) сигналом. Желательно, чтобы суточный ход часов был близок к нулю (в этом случае поправка будет минимальной). Механизм часов позволяет регулировать их суточный ход. Регулировку хода производят в часовых мастерских (однако при необходимости ее можно произвести самостоятельно).

Исчисление времени

Для того чтобы правильно пользоваться сигналами точного времени и разбираться, к какому времени они относятся, следует знать, каким образом ведется счет времени.

Основными единицами времени являются звездные сутки и тропический год. *Звездные сутки* – период вращения какого-либо небесного тела вокруг собственной оси в инерциальной системе отсчета, за которую обычно принимается система отсчета, связанная с удаленными звездами. Для Земли это время, за которое наша планета совершает один оборот вокруг своей оси по отношению к далеким звездам.

Тропический год (солнечный год) – это отрезок времени, за который Солнце завершает один цикл смены времен года, как это видно с Земли, например, время от одного весеннего равноденствия до следующего, или от одного дня летнего солнцестояния до другого.

Звездное время определяется астрофизическими наблюдениями и служит для согласования часов с астрономической системой счета времени.

В практической жизни исчисление времени ведется исходя из *солнечных суток*. *Солнечные сутки* – промежуток времени, за который небесное тело совершает 1 поворот вокруг своей оси относительно центра Солнца.

Длительность истинных солнечных суток в течение года меняется. Поэтому счет времени для практических целей ведется по *среднему Солнцу* – воображаемой точке, равномерно вращающейся по экватору, обходящей его за один год и пересекающей точку равноденствия вместе с Солнцем (истинным). Принятые *средние солнечные сутки*, на основании которых исчисляется *среднее солнечное время*,

постоянны и равны промежутку времени между двумя последовательными одноименными кульминациями среднего Солнца. Разность истинного времени T_u и среднего времени T_c называется уравнением времени:

$$\eta = T_u - T_c;$$

при этом η в течение года меняется от минус 16,3 до +14,5 мин, четыре раза в год оно становится равным нулю.

Поясное время. Началом средних солнечных суток принято считать полночь (момент нижней кульминации среднего Солнца). На различных меридианах Земли полночь наступает в различные моменты времени по мере последовательного прохождения Солнца через плоскость меридиана отдельных пунктов земного шара при его вращении вокруг оси. Следовательно, в пунктах, находящихся на различных меридианах, разное *местное время*. Пользоваться местным временем крайне неудобно, поэтому введен *поясной счет времени*. Поверхность земного шара разделена меридианами на 24 часовых пояса по 15° в каждом (за 24 часа Земля делает полный оборот вокруг своей оси – 360° , а за 1 час поворачивается на 15°). Часовым поясам присвоены номера от 0 до 23, возрастающие к востоку. За нулевой принят пояс, средний меридиан которого проходит через британский г. Гринвич (в прошлом на этом месте располагалась Гринвичская королевская обсерватория).

Время в каждом поясе принимается равным среднему солнечному времени его среднего меридиана (кратен 15°). Таким образом, в каждый физический момент на земном шаре 24 поясных времени, при этом поясное время каждого пояса отличается от соседнего на 1 час, возрастая от пояса к поясу к востоку и убывая к западу.

Россия расположена в пределах одиннадцати поясов – от II (Московского) до XII (Чукотского). Переход от поясного времени T_n пояса n ко времени другого пояса K нашей территории может определяться по формуле:

$$T_n K = T_n n + (K - n),$$

где $(K - n)$ выражено в часах.

Пример: если в поясе V время 13 часов 10 минут, то в поясе VIII – 16 часов 10 минут, а в поясе III – 11 часов 10 минут.

Границы поясов должны проходить по меридианам, лежащим на $7,5^\circ$ к востоку и к западу от среднего меридиана (кратного 15°)

данного пояса. Однако точно по этим меридианам границы поясов проведены только в открытых морях и океанах, а в остальных местах – вблизи них с учетом государственных границ, границ административно-экономических районов, вдоль рек и других естественных границ.

Декретное время. В целях более рационального использования светлого времени суток в некоторых странах часы переведены на один час вперед по отношению к поясному времени (иногда это делается только на летний период).

В нашей стране с 16 июля 1930 г. введено декретное время, которое на 1 час больше поясного. Таким образом, имеются четыре исчисления времени: истинное солнечное T_u , среднее солнечное (местное) T_c , поясное T_n и декретное T_d . Для вычисления поясного и декретного времени по среднему (местному) и наоборот нужно знать восточную долготу данного пункта λ (достаточно с точностью до одной минуты дуги). Тогда для пояса N получим

$$T_n = T_c - \frac{\lambda}{15} + N. \quad (1.1)$$

Понятие «*декретное время*» в России в настоящее время фактически выведено из официального употребления в гражданской сфере (сохранилось только в российской космонавтике) в связи с законодательным введением в 2011 году понятия «*местное время*».

Единство средств измерений

Единство средств измерений обеспечивается поддержанием метрологических свойств (в частности, единицы градуировки и погрешности) в соответствии с нормами. Метрологические характеристики прибора задаются техническим регламентом, ГОСТами, СТО, СТБ или ТУ и определяются при поверке прибора. При этом устанавливается соответствие средств измерения важнейшим требованиям технических регламентов, стандартов и технических условий. Главным этапом поверки прибора является определение его основной погрешности (систематической погрешности при нормальных условиях). Поверка метеорологических приборов осуществляется по утвержденным поверочным схемам путем сравнения их показаний с показаниями образцовых приборов (средств измерений) и контрольных приборов (образцовых мер, приборов сравнения). По результатам поверки дается заключение о годности прибора.

Пригодным приборам даются градуировочная характеристика или поправки к показаниям. *Поправка* – некоторое значение измеряемой величины, обратное по знаку систематической погрешности, которую исключают, прибавляя поправку к результату измерения.

Поверку метеорологических приборов осуществляет ведомственная метрологическая служба Росгидромета.

Правом поверки пользуются бюро поверки гидрометеорологических приборов при Главной геофизической обсерватории (ГГО) имени А.И. Воейкова, бюро поверки УГМС и инспекторы на заводах, выпускающих гидрометеорологические приборы.

Приборы, признанные годными, клеймятся поверительными клеймами. На эти приборы выдаются поверочные свидетельства, которые содержат градуировочные данные или поправки. Если приборы предназначены для грубых измерений (допускающих большие погрешности) или относительных измерений, то поверочное свидетельство только удостоверяет годность прибора.

Виды поверок:

- при выпуске (первичная поверка),
- периодическая поверка через определенные для каждого прибора промежутки времени;
- внеочередная и инспекторская поверка, назначаемые начальником метеорологической станции или при инспекции.

Производить измерения с помощью метеорологических приборов, не имеющих поверительного клейма и свидетельства, запрещается.

Единство методов измерений обеспечивается «Наставлением...» (1985), в котором определены методы производства гидрометеорологических измерений и обработки полученных результатов. Методы измерения метеорологических величин изложены в «Наставлении...». Процесс производства измерений, начиная с подготовки к измерениям и заканчивая вычислениями необходимых величин и формированием метеорологической информации (телеграмм, таблиц, перфокарт и т. п.), разбит на элементарные этапы, каждый из которых в «Наставлении...» детально описан.

Строгое выполнение указаний «Наставления...» обеспечивает невозможность отступления от рекомендуемых методов и поэтому является обязательным. В Гидрометеорологической службе единство методов измерений контролируется руководителями станций, инспекторами УГМС и обеспечивается вторичным контролем данных.

1.5. Метеорологическая станция. Сроки измерений

Одной из основных первичных ячеек измерительно-информационной гидрометеорологической системы Российской Федерации является метеорологическая станция. В настоящее время на территории Российской Федерации насчитывается 1 233 метеорологических станций в 82 регионах. Перечень метеорологических станций с распределением их по субъектам Российской Федерации приведен в приложении 1.

Метеорологические станции формируют и распространяют первичную информацию о состоянии погоды по многим метеорологическим характеристикам. Станции могут различаться по своим конкретным задачам, назначению, техническому оснащению и некоторым другим признакам (см. п. 1.1), но каждая из них должна освещать метеорологическую обстановку района своего расположения.

В некоторых УГМС действуют полностью или частично автоматизированные станции. Однако до сего времени основной объем информации выдают наиболее распространенные станции, оснащенные приборами местного и дистанционного действия. Техник-наблюдатель станции производит с помощью этих приборов измерения и по полученным результатам путем вычислений формирует метеорологическую информацию, которая по линиям связи передается потребителям.

Метеорологические станции имеют метеорологическую площадку для размещения измерительных приборов и датчиков на открытом воздухе и служебное помещение вблизи площадки (не далее 300 м). Место для площадки (на которой установлены почти все датчики измерительных метеорологических приборов) должно быть типичным для места расположения станции, чтобы результаты измерений на площадке были характерными для района в радиусе 20–30 км или крупного промышленного центра, большого города и т. п.

Метеорологическая площадка делается прямоугольной с ориентацией сторон север – юг и восток – запад. Ее размеры определяются объемом работ, типом и количеством аппаратуры данной станции. Согласно «Наставлению...» (1985), размер площадки должен быть 26×26 м (допускаются минимальные размеры 16×20 м). Площадка станций, на которых проводятся актинометрические наблюдения, имеет размер 26×36 м. Она ориентируется длинными сторонами в направлении север – юг (прил. 2).

Независимо от характера окружающей местности сама площадка должна быть по возможности ровной и находиться на открытом

месте, на расстоянии не менее 10-кратной высоты ближайшего строения, деревьев и т. п. и не ближе, чем в 100 м от больших водоемов. В то же время при выборе площадки следует избегать чрезмерно открытых мест, где возможны завышенные скорости ветра, снежные заносы и т. п. Участок, выбранный для площадки, выравнивают (срезают бугры, кусты, выкорчевывают пни) и обносят оградой из сетки или штакетника. Такие ограды обеспечивают хорошую продуваемость площадки и не вносят искажений в измерения.

Метеорологическая площадка требует систематического ухода. Покров метеорологической площадки должен по возможности поддерживаться в естественном состоянии и в соответствии с окружающим ее ландшафтом; для этого подход к приборам, установленным на площадке, допускается только по дорожкам. Однако травяной покров, если он имеется на площадке, летом сильно разрастается, его срезают (скашивают) до высоты 20 см. В зимнее время не следует нарушать естественное состояние снежного покрова, но в случае образования сугробов их следует удалять.

Для обеспечения единства измерений приборы на площадке устанавливаются строго по схеме (прил. 2) и по правилам, указанным в «Наставлении». В частности, приборы должны устанавливаться на площадке в определенном порядке и ориентации относительно сторон света и на определенной высоте. Поэтому в зимнее время при высоте снежного покрова более 1 м некоторые приборы переставляются на запасные более высокие подставки и столбы.

Ограждение площадки и все расположенное на ней вспомогательное оборудование (подставки, будки, столбы, мачты и т. п.) красят в белый цвет для предохранения их от излишнего перегрева прямыми солнечными лучами. Перегрев этих установок относительно окружающего воздуха может повлиять на находящиеся вблизи них приборы и привести к дополнительным погрешностям измерений. Служебное помещение в зависимости от типа станций состоит из 1–2 комнат площадью 15–40 м².

Сроки и порядок производства измерений на станции определены «Наставлением...» и должны выполняться для обеспечения единства измерений. На всех метеорологических станциях наблюдения проводятся синхронно в восемь сроков – в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 час по московскому декретному времени.

В эти сроки определяются атмосферное давление, характеристики ветра, дальность видимости, температура и влажность воздуха, характеристики облачности. Некоторые величины, не используемые для оперативной информации (например, для прогнозов) или не имеющие

резко (явно) выраженный суточный ход, измеряются не во все синхронные сроки или даже с отступлениями от этих сроков. Так, только в два срока – в ближайшие к 8 и 20 часов по декретному времени данного пояса (пояса, в котором расположена станция) – производятся измерения количества осадков и наблюдения за состоянием почвы. Измерение осадков, кроме того, производится в 03 и 15 часов по московскому декретному времени. При снежном покрове производятся периодические снегомерные съемки, а в 08 часов по декретному времени данного пояса – наблюдения за снежным покровом.

Кроме того, на станциях ведутся наблюдения за обледенением, измеряется продолжительность солнечного сияния, температура почвы на разных глубинах, а также проводится непрерывная регистрация атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, количества жидких осадков и характеристик ветра.

Техник-наблюдатель станции должен начать наблюдения с обхода площадки и подготовки приборов за 30 мин до наступления текущего срока. Во время обхода он попутно производит некоторые наблюдения – за состоянием почвы, облачностью и др. Но основные измерения он производит в фиксированные моменты времени. Примерный порядок и последовательность выполнения подготовительных работ и измерений приведены в приложении 3.

В существующих автоматических метеорологических станциях РМС, УАТГМС и КРАМС (см. п. 1.1) весь процесс подготовки, производства измерений и выдачи информации продолжается не более 5 мин. Измерение всех величин занимает около 1 мин, т. е. производится практически одновременно. Таким образом, для обеспечения единства измерений последовательность (для равных величин) выполнения измерений этими станциями значения не имеет.

Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете разряды и типы метеорологических станций и постов?
2. В чем разница между метеоэлементами и метеовеличинами?
3. Какие требования предъявляют к метеорологическим приборам?
4. Что понимается под единством метеорологических измерений?
5. В какие сроки производятся метеонаблюдения?
6. Какой нормативный документ регламентирует проведение метеорологических измерений?

Рекомендуемая литература

1. Васильев, А.А. Прогноз погоды [Текст] / А.А. Васильев, Р.М. Вильфанд. – М.: Росгидромет, 2008. – 60 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
3. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
4. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст] // Метеорологические наблюдения на станциях. – Вып. 3. Ч. 1. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.
5. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения [Текст] / М.С. Стернзат. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.
6. РД 52.04.107-86. Руководящий документ. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам [Текст] // Наземная подсистема получения данных о состоянии природной среды. Основные положения и нормативные документы. – Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 182 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 «Измерение лучистой энергии»

Цель работы – получить представления об измерении лучистой энергии на метеостанциях, изучить приборы для измерения лучистой энергии.

Задание – законспектировать материал, зарисовать метеоприборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о солнечной радиации, ее видах, знать закономерности поступления, рассеяния и отражения солнечной радиации.

2.1. Общие сведения

Солнце является основным источником энергии на Земле и главным климатообразующим фактором. Спектр излучения Солнца изменяется от рентгеновских лучей до радиоволн. Проходя через земную атмосферу, солнечная радиация существенно изменяется вследствие рассеивания, поглощения и отражения компонентами воздуха.

Наука о солнечном, земном и атмосферном излучении в условиях атмосферы называется актинометрия. *Актинометрия* – наука геофизическая, изучающая закономерности излучения и преобразования энергии Солнцем, поверхностью Земли и атмосферой. К основным актинометрическим величинам относятся прямая солнечная радиация, рассеянная солнечная радиация, суммарная солнечная радиация, отраженная солнечная радиация, тепловой баланс земной поверхности.

Слой земной поверхности, в котором происходит поглощение солнечной радиации, называется *деятельным слоем*. Толщина деятельного слоя зависит от свойств поверхности и может составлять от долей сантиметра (для плотных почв) до нескольких десятков метров (для прозрачной воды). Иное определение деятельного слоя, принятое в метеорологии, – «*подстилающая поверхность*».

Актинометрия изучает *энергетическую освещенность* или *радиацию* – плотность потока излучения, приходящего от солнца, атмосферы и земной поверхности, на перпендикулярную к лучу плоскость.

Прямая солнечная радиация – это поток лучистой энергии Солнца, поступающий на земную поверхность в виде почти параллельных лучей. Измеряется прямая солнечная радиация актинометрами.

Рассеянная солнечная радиация – часть прямой солнечной радиации, претерпевшей изменение в результате рассеивания в атмосфере. Рассеянная солнечная радиация измеряется пиранометром с затенением его приемного устройства.

Суммарная солнечная радиация состоит из рассеянной и прямой радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Суммарная солнечная радиация измеряется пиранометром без затенения либо вычисляется на основе показаний актинометра и затененного пиранометра, что является более точным.

Отраженная солнечная радиация представляет собой часть суммарной радиации, отраженной от земной поверхности. Отношение отраженной солнечной радиации к суммарной солнечной радиации называется *альбедо*.

Отраженная солнечная радиация измеряется пиранометром, установленным на высоте не менее 0,5 м над поверхностью почвы, обращенным приемником вниз или альбедометром.

2.2. Приборы для измерения лучистой энергии

Актинометр термоэлектрический М-3

Актинометр термоэлектрический М-3 (рис. 2.1) предназначен для измерения прямой солнечной радиации на площадку, перпендикулярную солнечным лучам. Используется как образцовый прибор при определении чувствительности пиранометра и балансомера.

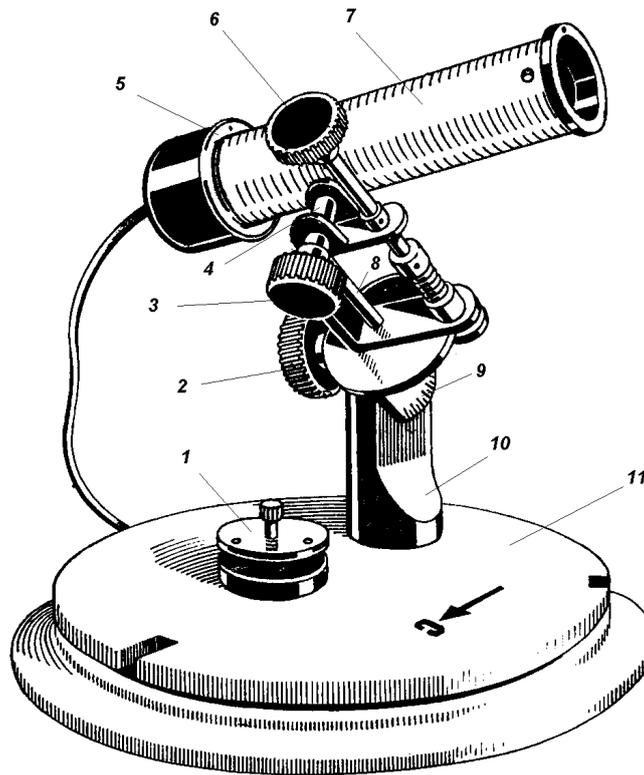


Рис. 2.1. Актинометр термоэлектрический М-3 (АТ-50):
 1 – крышка; 2, 3 – винт; 4 – ось; 5 – экран; 6 – рукоятка; 7 – трубка;
 8 – ось штатива; 9 – сектор широт; 10, 11 – штатив

Прибор устанавливается на актинометрической стойке. Трубку 7 с неподвижной стрелой устанавливают с помощью штатива 10, 11, который ориентируют стрелкой на север. Сектор широт 9 устанавливают, ослабляя винт 2, по широте местности, на которой производятся наблюдения. Ослабив винт 3, вращают рукоятку 6, чтобы нацелить трубку 7 на Солнце.

После установки широты местности ось 8 штатива и рукоятка 6 будут расположены по *оси мира**. Вращая рукоятку 6, можно вести трубку 7 за Солнцем, лишь изредка поправляя наклон трубки по склонению вращением на оси 4. Нацеливание производится с помощью экрана 5 на нижнем конце трубки 7, где должна concentрично

* Ось мира – прямая линия, проведенная через центр небесной сферы параллельно оси вращения Земли. Вокруг оси мира происходит видимое вращение небесной сферы. Небесная сфера – воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проецируются небесные тела, служит для решения различных астрометрических задач. За центр небесной сферы принимают глаз наблюдателя, при этом наблюдатель может находиться как на поверхности Земли, так и в других точках пространства (например, он может быть отнесён к центру Земли). Для наземного наблюдателя вращение небесной сферы воспроизводит суточное движение светил на небе.

располагаться тень от оправы входного окна. Для более точного нацеливания служит отверстие в оправе трубки 7 и черная точка на белой поверхности экрана 5, на которую устанавливается световой зайчик. При работе на актинометрической стойке с подвижной стрелой наводку осуществляют только вращением осей 4 и 8 и не осуществляют установку актинометра на север и по широте.

Крышка 1 надевается на трубку для контроля места нуля. В комплекте также имеется футляр для защиты актинометра от внешних воздействий в промежутках между наблюдениями.

Приёмником актинометра служит диск из сусального серебра толщиной 0,003 мм и диаметром 11 мм, расположенный в конце трубки 7. Обращённая к Солнцу сторона серебряного диска покрыта матово-чёрной эмалью, а к обратной его стороне приклеена папиросная бумага толщиной 0,009 мм и 26 спаев термобатареи из константана и манганина в форме ленточек, расположенных звездообразно.

Внешние спаи приклеены через бумажную изоляцию к медному кольцу. В трубке имеются семь постепенно сужающихся к приёмнику радиации диафрагм, обеспечивающих угол зрения прибора в 10° .

Выводы термобатареи присоединяются к гальванометру, показания которого пропорциональны термоэлектродвижущей силе, а она пропорциональна разности температур центральных и периферийных спаев, а эта разность пропорциональна интенсивности радиации.

Перед наблюдением открытая трубка нацеливается на Солнце на 2 мин для просушки черни на приёмнике. Затем крышка надевается и через 25 секунд отсчитывается место нуля. Через 25 с после снятия крышки можно производить наблюдения.

Контроль чувствительности актинометра производится параллельными наблюдениями по пиргелиометру или по хорошо проверенному образцовому актинометру. Проверка актинометра по пиргелиометру производится только при высотах Солнца больше 22° , при голубом небе и при отсутствии облаков на расстоянии 20° вокруг Солнца.

Термоэлектрический пиранометр М-80М

Термоэлектрический пиранометр М-80М (рис. 2.2) предназначен для измерения суммарной, отраженной коротковолновой, а также рассеянной радиации. Пиранометр выпускается с приемником М-115, у которого квадратная термобатарея на поверхности приемника 3 окрашена в черно-белый цвет в виде шахматной доски.



Рис. 2.2. Термоэлектрический пиранометр: 1 – стеклянный колпак; 2 – пружина; 3 – приемник; 4, 8 – винты; 5 – теневой экран; 6 – стойка; 7 – горизонтальный уровень

Черные поля закрашены платиновой чернью и закопчены сажей с коэффициентом поглощения $\delta = 0,985$, что поглощает коротковолновую и длинноволновую радиацию, а белые поля закрашены магниезией, поглощающей только длинноволновую радиацию.

Термобатарея имеет размер 32 x 32 мм и составлена из плоских ленточек манганина и константана, уложенных зигзагообразно и составляющих 87 термоэлементов.

Ленты последовательно спаяны в 32 полосы. Приёмник пиранометра 3 защищается от ветра и осадков полусферическим стеклянным колпаком 1, пропускающим радиацию в диапазоне от 0,33 до 3 мкм.

Пиранометр крепится на специальной актинометрической стойке для измерения суммарной, рассеянной и отражённой радиации.

Высота стойки должна составлять 1,5 м от поверхности земли (высота установки приборов). Поверхность участка под стойкой должна быть горизонтальной и в радиусе 5 м покрыта естественной растительностью.

При этом приёмник устанавливается горизонтально с помощью уровня 7 и винтов 4. Теневой экран 5 представляет собой диск диаметром 85 мм, который прикрепляется к стержню 6 длиной 485 мм, причём диск виден из центра термобатареи под углом 10° , что позволяет исключить попадание прямой солнечной радиации на приёмник. Для затенения приемника прибора необходимо ослабить винт 8 и повернуть стойку с теневым экраном к Солнцу.

Рассеянную радиацию измеряют при затенённом приёмнике.

Для измерения отражённой радиации пиранометр, установленный на планке, отгибая пружину 2, опрокидывают приёмником вниз. При работе на актинометрической стойке с подвижной стрелой

М-13а используют только приёмник радиации М-115. Все операции по установке прибора в горизонтальное положение, затенению и опрокидыванию приемника производятся с помощью рукояток и регулировочных винтов актинометрической стойки.

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

Перед началом измерений приёмник пиранометра облучают прямой радиацией для его просушки. Отсчет по пиранометру производят минимум через 40 с после обнуления показаний гальванометра.

Для измерения тока в термоэлектрической батарее прибора применяется гальванометр ГСА-1М, который устанавливают в защитном ящике с северной стороны от актинометрической стойки.

Значение интенсивности радиации, измеренной пиранометром, определяют по шкале гальванометра ГСА-1М, для чего число делений шкалы при помощи коэффициента переводят в $\text{Кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ или в кВт/м^2 . Коэффициент берется из специальной таблицы, прилагаемой к прибору. Для получения более правильного измерения по гальванометру делают от 3 до 5 отсчетов с интервалом между ними в 20–25 секунд (закрывая на это время приемник крышкой). Отсчеты проводятся с точностью до 0,1 деления.

Балансомер М-10М

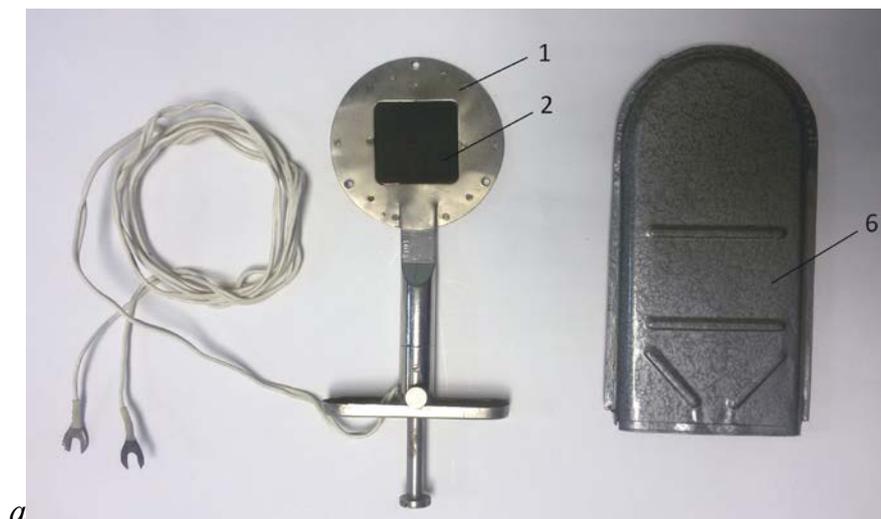
Балансомер М-10М (рис. 2.3) предназначен для измерения радиационного баланса, а также радиационного баланса без прямой солнечной радиации при использовании теневого экрана.

Прибор представляет собой круглую плоскую пластинку 1 диаметром 100 мм с двумя квадратными чёрными приёмниками 2 на противоположных сторонах, отмеченных номерами 1 и 2. Приёмники изготовлены из меди, зачерненной матово-чёрной эмалью.

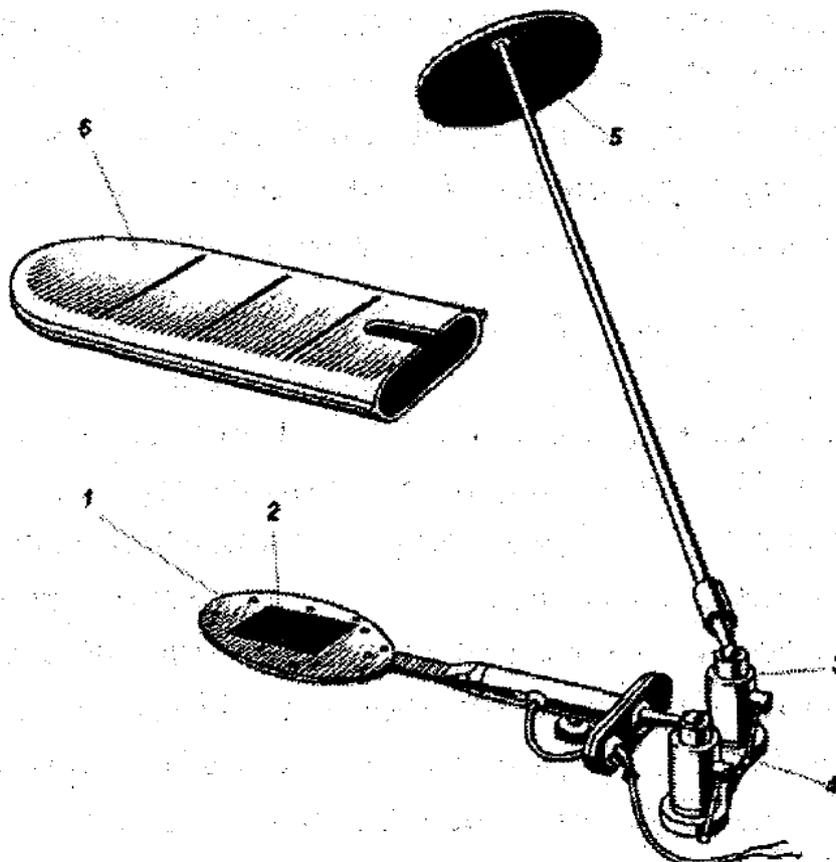
При измерениях один приёмник обращают вниз к исследуемой поверхности. На него поступают поток отражённой солнечной радиации R и земное излучение E_3 . Другой приёмник, обращённый вверх, воспринимает суммарную солнечную радиацию Q и излучение атмосферы E_a . Следовательно, балансомер измеряет радиационный баланс B , который находится по формуле:

$$B = (Q + E_a) - (R + E_3), \quad (2.1)$$

где B – радиационный баланс, кВт/м²;
 Q – суммарная солнечная радиация ($I + J$), кВт/м²;
 E_a – излучение атмосферы, кВт/м²;
 R – отраженная солнечная радиация, кВт/м²;
 E_z – земное излучение, кВт/м²;
 I – прямая солнечная радиация;
 J – рассеянная солнечная радиация.



a



б

Рис. 2.3. Балансомер М-10М: *a* – общий вид, *б* – вид в сборе;
 1 – пластинка; 2 – приемник; 3, 4 – шарниры; 5 – теневой экран; 6 – футляр

Затенение осуществляют теневым экраном стойки. При затенённом балансомере из измерения исключается прямая солнечная радиация, которая более точно вычисляется по показаниям актинометра.

Температура каждой пластины приёмника будет зависеть от поглощённой радиации, а также от скорости ветра, которая влияет на конвективный теплообмен. Поэтому при измерениях по балансомеру дополнительно производятся отсчёты скорости ветра по анемометру, установленному на одном уровне с балансомером.

Влияние ветра на показания балансомера учитывают введением переводного множителя. *Переводным множителем к показаниям балансомера при ветре* называется число, на которое нужно умножить показание балансомера при данной скорости ветра, чтобы получить показание балансомера при штиле.

Балансомер крепится к кронштейну актинометрической стойки с помощью шарового шарнира 4.

Стойка с теневым экраном 5 крепится к балансомеру с помощью шарового шарнира 3.

Термобатарея балансомера соединяется с гальванометром с помощью электрического шнура.

Для защиты балансомера от осадков и пыли, между измерениями, используют специальный футляр 6.

Определение чувствительности прибора производится сравнением показаний актинометра с показанием балансомера, установленного в поверочную трубу ПО-11.

К балансомеру прилагается поверочное свидетельство, содержащее следующие данные:

- 1) чувствительность балансомера в милливольтгах на $1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$;
- 2) сопротивление термобатареи в Омах;
- 3) инерцию в секундах (под *инерцией балансомера* понимается время, за которое после затенения прибора стрелка гальванометра, соединенного с балансомером, пройдет 99 % разности установившихся показаний при затенённом и незатенённом балансомере);
- 4) таблицу поправочных множителей для различных скоростей ветра.

Показания балансомера при скорости ветра и, отличной от нуля, исправляются введением поправочных множителей, указанных в поверочном свидетельстве. *Поправочным множителем к показаниям*

балансомера при ветре называется число, на которое нужно умножить показание балансомера при данной скорости ветра, чтобы получить показание балансомера при штиле.

Гальванометр ГСА-1М

Гальванометр стрелочный актинометрический (рис. 2.4) служит для измерения тока, возникающего в термобатареях термоэлектрических актинометрических приборов.

На корпусе гальванометра *1* снизу укреплены три клеммы *2*, обозначенные на боковой поверхности крышки *3* как «+», «Р» и «С». Клеммы служат для присоединения актинометрических приборов (актинометра термоэлектрического М-3, термоэлектрического пиранометра М-80М, балансомера М-10М).

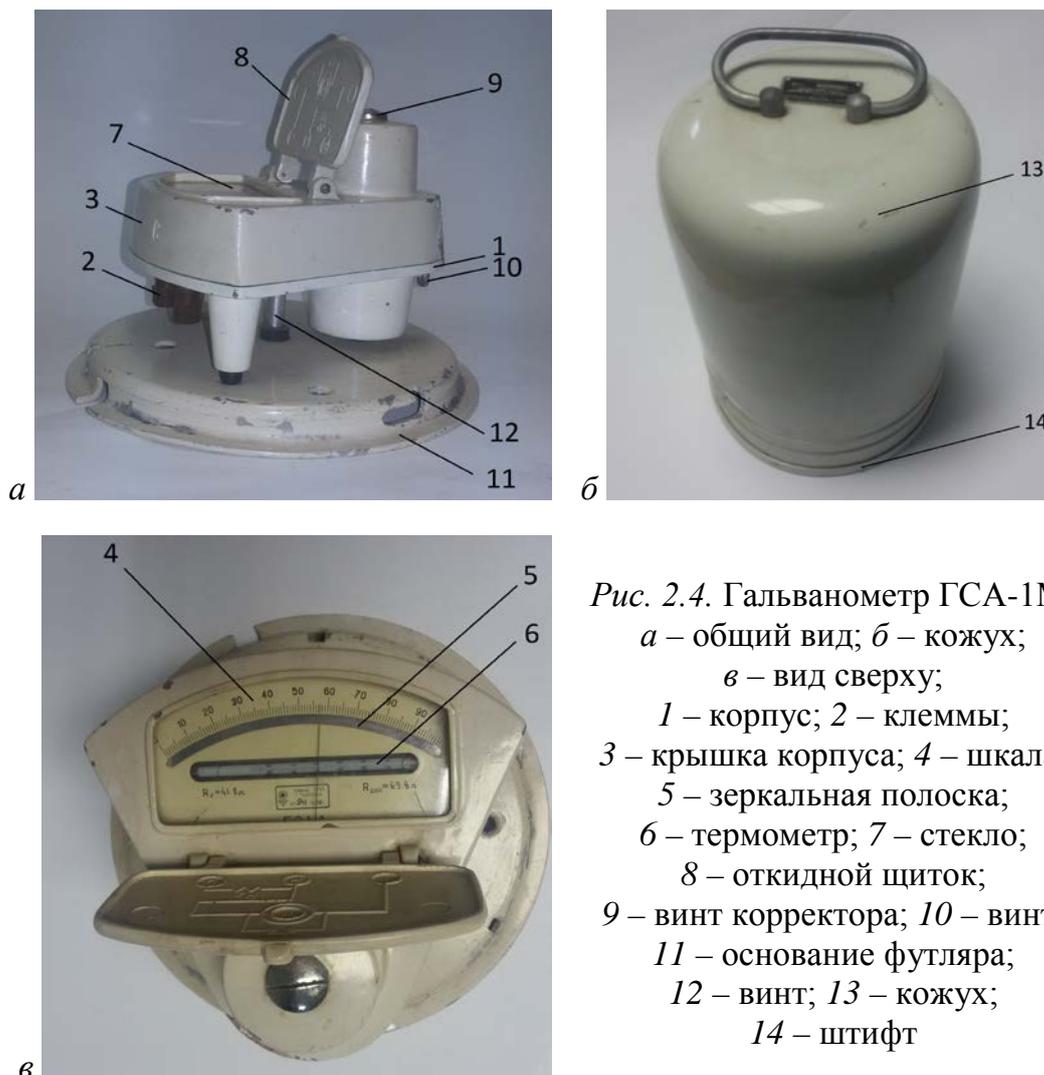


Рис. 2.4. Гальванометр ГСА-1М:
а – общий вид; *б* – кожух;
в – вид сверху;
1 – корпус; *2* – клеммы;
3 – крышка корпуса; *4* – шкала;
5 – зеркальная полоска;
6 – термометр; *7* – стекло;
8 – откидной щиток;
9 – винт корректора; *10* – винт;
11 – основание футляра;
12 – винт; *13* – кожух;
14 – штифт

В крышке корпуса сделан вырез, закрытый стеклом 7, через которое производятся отсчёты показаний гальванометра и термометра. Для защиты от повреждений стекло закрывается откидным щитком 8, на внутренней стороне которого изображена электрическая схема гальванометра. На выступах корпуса укреплена шкала 4, имеющая 100 делений. На шкале укреплены ограничители хода стрелки из тонкой проволоки. В вырезах шкалы находятся зеркальная полоска 5 и термометр 6. На шкале нанесены: марка завода-изготовителя, год выпуска и заводской номер гальванометра, индекс гальванометра (ГСА-1), а также величины внутреннего сопротивления рамки и добавочного сопротивления гальванометра.

В крышке корпуса находится винт корректора 9, поворотом которого устанавливается нулевое положение стрелки гальванометра.

При отсутствии тока стрелка должна находиться на пятом делении шкалы. Это деление при дальнейшей работе принимается за начало отсчётов и называется «местом нуля».

Арретирование гальванометра (фиксация стрелки) осуществляется посредством винта 10. При ввинчивании винта электрическая цепь рамки гальванометра замыкается накоротко, в результате чего затухают колебания рамки, возникающие при перемещении гальванометра и толчках.

Гальванометр крепится к основанию футляра 11 специальным винтом 12 с резиновыми амортизаторами. Сверху гальванометр закрывается кожухом 13, который соединяется с основанием посредством штифтов 14, укрепленных на кожухе, и пружины.

Принцип действия прибора основан на том, что измеряемый ток пропускается через рамку, которая подвешена в магнитном поле между полюсами неподвижных постоянных магнитов внутри корпуса. При прохождении тока через рамку вокруг нее создается электромагнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов, вследствие чего рамка поворачивается вокруг оси.

При включении гальванометра в цепь тока возникает взаимодействие магнитных полей рамки с током и постоянных магнитов. Рамка поворачивается, и прикрепленная к ней стрелка перемещается вдоль шкалы. Угол поворота рамки, а следовательно, и смещение стрелки пропорциональны силе тока, проходящего через рамку.

К гальванометру прилагается поверочное свидетельство, в котором указываются следующие характеристики:

- 1) цена деления гальванометра в амперах;
- 2) внутреннее сопротивление в омах;

- 3) добавочное сопротивление в омах;
- 4) шкаловые поправки в делениях шкалы.

Стойка актинометрическая М-13а

Стойка актинометрическая М-13а предназначена для установки актинометра, пиранометра и балансомера.

Стойку крепят в грунте. В комплект стойки входит решетчатый настил для удобства выполнения наблюдений.

К северо-северо-западу от актинометрической стойки на расстоянии 1,5–2 м устанавливается стойка с ящиком для установки гальванометров.

При наблюдениях по балансомеру необходимо одновременно измерять скорость ветра на уровне балансомера. Для этого на расстоянии 2–3 м от актинометрической стойки устанавливается подставка для анемометра.

В местах установки приборов для выполнения наблюдений закрытость горизонта в направлениях восхода и захода Солнца должна быть не более 3° по угловой высоте, а в остальных направлениях – не более 5° .

Гелиограф Кэмпбелла–Стокса

Гелиограф Кэмпбелла–Стокса (рис. 2.5) предназначен для регистрации продолжительности солнечного сияния, то есть времени, в течение которого прямая солнечная радиация равна или больше $0,1 \text{ кВт/м}^2$ ($0,2 \text{ кал/}(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$).

Метод определения продолжительности солнечного сияния основан на регистрации времени, в течение которого интенсивность прямой солнечной радиации достаточна для получения прожога на специальной ленте, укрепленной в оптическом фокусе шаровой стеклянной линзы.

Принцип действия прибора основан на следующем. Стеклообразный шар фокусирует солнечные лучи на синей картонной ленте, закрепленной в пазах чашки 5. При этом в ленте прожигается след определенной длины.

Гелиограф состоит из следующих основных деталей: основания 1, указателя широты 2, квадранта 3, винта 4, чашки с пазами для лент 5, дуги 6, ленты 7, оси 8, фиксирующего штифта 9, диска установочного 10, стойки 11.

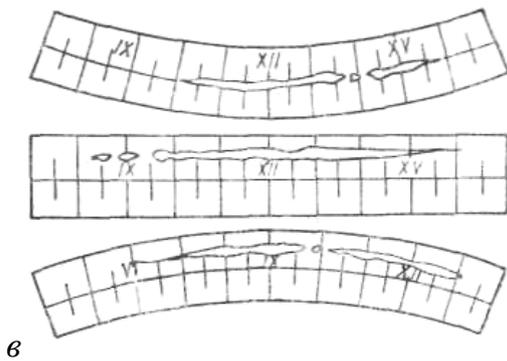
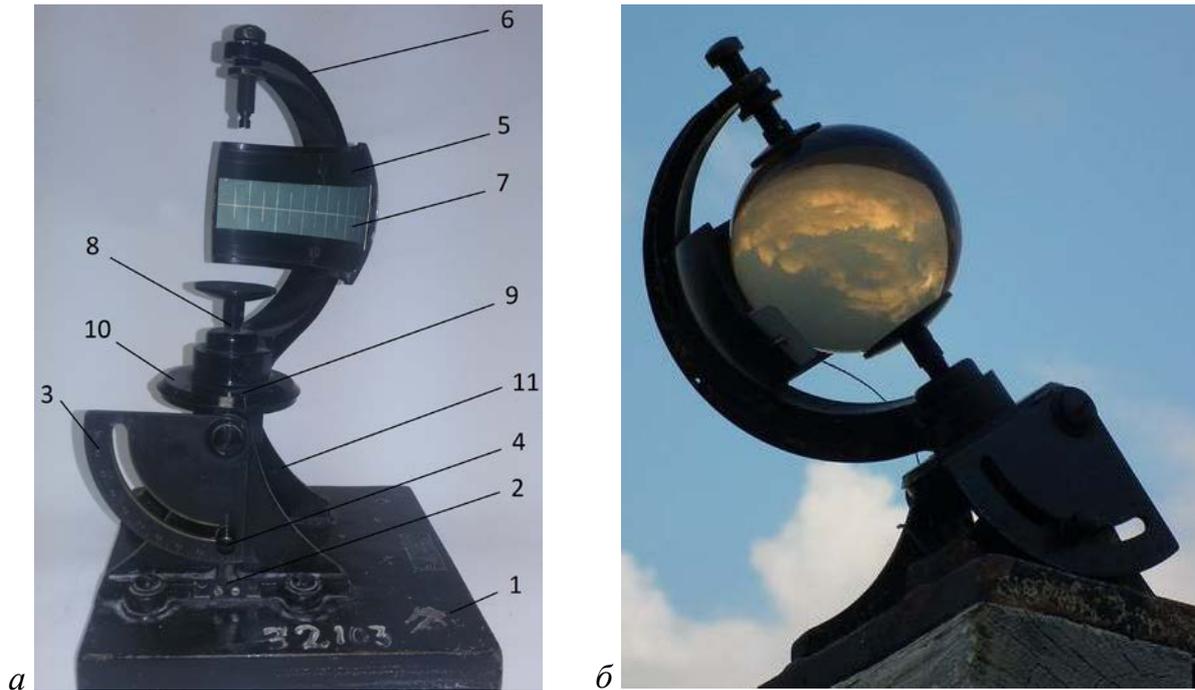


Рис. 2.5. Гелиограф Кэмпбелла–Стокса:

а, б – общий вид; *в* – ленты (верхняя – зимняя, средняя – равноденственная, нижняя – летняя);

1 – основание; 2 – указатель широты; 3 – квадрант; 4 – винт; 5 – чашка с пазами для лент; 6 – дуга; 7 – лента; 8 – ось; 9 – фиксирующий штифт; 10 – диск установочный; 11 – стойка

При определении продолжительности солнечного сияния по гелиографу должны соблюдаться следующие условия:

1) гелиограф должен быть установлен на метеорологической площадке так, чтобы при любом возможном положении Солнца относительно сторон горизонта на данной станции отдельные постройки, деревья и случайные предметы не затеняли его;

2) гелиограф должен быть установлен строго горизонтально и ориентирован по географическому меридиану и широте метеорологической станции; ось гелиографа должна быть строго параллельна оси мира;

3) шар гелиографа должен содержаться в чистоте, так как наличие пыли, следов осадков, отложение росы, инея, изморози и гололеда на шаре ослабляет и искажает прожог на ленте гелиографа;

4) в зависимости от возможной продолжительности солнечного сияния запись за одни сутки должна производиться на одной, двух или трех лентах;

5) в зависимости от сезона должны применяться прямые или изогнутые ленты, которые следует закладывать в верхний, средний или нижний пазы чашки;

б) для закладывания в течение месяца должны подбираться ленты одного цвета.

Для удаления с шара гелиографа пыли применяется мягкая сухая тряпка; для удаления инея, изморози или гололеда – тряпка, смоченная спиртом или чистым бензином.

На метеорологической площадке гелиограф должен быть установлен на бетонном или деревянном столбе высотой 2 м, на верхней части которого закрепляется площадка из досок толщиной не менее 50 мм. Горизонтальность основания *1* проверяется уровнем, квадрат *3* ориентируют по меридиану, ось *8* должна совпадать с осью мира (см. ссылку на стр. 43). Широта местности устанавливается на квадрате *3* по указателю *2*.

В горной местности гелиограф необходимо устанавливать на участке, где условия освещения солнцем являются характерными для значительной площади в окрестности станции.

Допускается установка гелиографа на специальной вышке, на крыше здания или вблизи него, если из-за затенения метеорологической площадки невозможно установить его на высоте 2 м от поверхности земли.

При этом необходимо обеспечить удобный подход к гелиографу; дым из труб, телевизионные антенны и др. не должны закрывать Солнце.

Для удобства работы с гелиографом к югу от подставки (столба) с прибором устанавливается лестница с площадкой.

Лестница не должна касаться столба и должна быть достаточно удобной.

Подготовка к измерениям по гелиографу.

Ежемесячно при производстве наблюдений по гелиографу наблюдатель обязан:

– определить тип лент (изогнутые или прямые) по дате производства наблюдений;

– подобрать необходимое количество лент одного цвета для закладки в гелиограф в течение месяца, руководствуясь указанием УГКС о возможной продолжительности солнечного сияния на данной станции в течение года;

– произвести проверку ориентировки гелиографа по меридиану, горизонтальности положения и неизменности установки гелиографа по широте, отмечая дату и результат проверки на ленте и в книжке КМ-1.

Проверка правильности положения гелиографа относительно географического меридиана производится в истинный полдень точно так же, как и при установке прибора.

При двукратной и трехкратной смене лент у гелиографа универсальной модели в истинный полдень линия прожигания приходится на край ленты. По этой причине следует в день проверки ориентировки гелиографа по меридиану дополнительно произвести смену лент в 8 часов, совместив индекс диска с меткой «Б» лимба. Тогда, если гелиограф установлен правильно, в истинный полдень светящаяся точка от сфокусированного луча солнца окажется точно на центральной линии заложеной ленты.

Несколько раз в месяц, когда Солнце восходит при отсутствии облаков, а его диск не закрывается туманом, дымкой, мглой и т. д., следует записать на ленте московское (зимнее) время в момент, когда первые лучи восходящего Солнца осветят гелиограф.

Точно так же следует отметить момент, когда прекращается освещение прибора лучами заходящего Солнца. Наблюдения эти следует вести непосредственно на месте установки гелиографа.

Ежедневно наблюдатель обязан:

– убедиться, что гелиограф не сдвинут с места, а шар чист;
– производить смену лент в установленные сроки, независимо от наличия или отсутствия солнечного сияния. В период с 16 октября по 28 февраля вогнутые (зимние) ленты закладываются в верхнюю пару пазов чашки. С 1 марта по 15 октября прямые ленты закладываются в среднюю пару пазов чашки, с 16 апреля по 31 августа выпуклые (летние) ленты закладываются в нижнюю пару пазов чашки.

Станции, расположенные севернее 67° с. ш. (за полярным кругом) на период полярной ночи смену лент прекращают.

В случае обнаружения нарушений в установке гелиографа наблюдатель должен их по возможности устранить. Об обнаруженных нарушениях и их устранении следует сделать запись, указав дату и время (часы, минуты) устранения нарушения.

Станции, расположенные за полярным кругом, должны отмечать день первого появления солнца после полярной ночи и день последнего появления его над горизонтом перед полярной ночью, а также даты начала и конца периода, когда Солнце не опускается за горизонт.

Производство измерений по гелиографу заключается в ежедневной установке лент и определении суммарного за каждый час прожигания на них.

В зависимости от возможной продолжительности солнечного сияния ленты в течение суток меняют один, два или три раза. При коротком дне (возможная продолжительность солнечного сияния менее 9 часов) лента меняется один раз в сутки после захода солнца, при этом чашка устанавливается с северной стороны шара так, чтобы индекс диска совмещался с меткой «Б» на лимбе.

При возможной продолжительности солнечного сияния от 9 до 18 часов положение чашки и лента меняются дважды: после захода Солнца и около 12 часов по местному среднему солнечному времени.

При вечерней смене ленты чашку гелиографа поворачивают так, чтобы индекс диска совместился с меткой «А», при смене ленты в полдень – с меткой «В».

Если возможная продолжительность солнечного сияния за одни сутки превышает 18 часов, необходимо менять положение чашки и производить смену лент 3 раза: около 4, 12 и 20 часов местного среднего солнечного времени, совмещая индекс диска с метками «А», «Б» и «В» соответственно.

Ленты закладываются в пазы чашки так, чтобы среднее деление ленты совпадало со средней риской на чашке гелиографа.

Лента после установки прокалывается иглой на штифте, который вставляется в специальное отверстие в чашке и фиксирует положение ленты. При правильной установке ленты прокол приходится на второе часовое деление от середины ленты. При смене ленты необходимо затенять собой прибор, чтобы не получить лишних прожогов.

Смена лент в установленные сроки обязательно производится и в том случае, если была пасмурная погода и следов прожигания на ленте нет.

Перед выходом на площадку на оборотной стороне ленты необходимо записать название станции, год, месяц, число установки ленты. Часы и минуты установки ленты записываются на оборотной стороне ленты непосредственно при ее наложении, указывается московское (зимнее) время. После снятия ленты на ее оборотной стороне записывается точное время снятия, а также ее порядковый номер. Время наложения (снятия) ленты, записанное на обороте, обязательно должно соответствовать действительному моменту ее наложения (снятия).

Все записи на ленте делаются только простым карандашом.

Допускается повторное использование лент гелиографа в случае полного отсутствия следов прожигания на них. При этом порядок смены лент в каждый установленный срок сохраняется.

Контроль за работой гелиографа заключается в ежедневной проверке правильности положения прожигов на лентах. При правильной установке гелиографа и условии, что прибор исправен, линия прожигания направлена параллельно верхнему (нижнему) срезу прямой (концентрично изогнутой) ленты. Оба конца записи в день с ясным восходом и заходом Солнца отстоят на одинаковое расстояние от средней вертикальной линии часовой разметки ленты.

Искажения записи на лентах могут быть обусловлены неисправностью прибора, неправильной его установкой, а также невыполнением наблюдателями требований к производству наблюдений по гелиографу.

Неисправности гелиографа:

- неконцентричность поверхностей шара и чашки;
- шар сдвинут со своей стойки;
- нарушение фокусного расстояния, когда центр шара слишком удален или приближен к чашке;
- наличие у гелиографа люфта между закрепляющим штифтом и отверстием диска.

Неправильная установка гелиографа:

- негоризонтальное положение прибора (по линии запад – восток, по линии север – юг);
- неправильная установка по меридиану;
- неправильная установка по широте;
- затенение прибора.

Невыполнение требований к производству наблюдений по гелиографу:

- неправильная закладка лент в чашку гелиографа;
- несвоевременный переход от одного типа лент к другому;
- несвоевременная смена лент;
- загрязнение шара гелиографа.

Неисправности гелиографа, неправильную его установку и невыполнение наблюдателями требований к производству наблюдений по гелиографу можно обнаружить при просмотре лент за ясный день и регулярном просмотре лент за ряд последовательных ясных дней.

Обработка результатов заключается в вычислении продолжительности солнечного сияния за каждый час (в часах и десятых долях часа) по следам прожига на ленте гелиографа. Обработка лент гелиографа должна производиться на следующий день после снятия лент за предыдущие сутки. Снятые ленты предварительно просматривают для обнаружения возможных дефектов, обусловленных неисправностью гелиографа, неправильностью его установки или невыполнением наблюдателями требований к производству наблюдений.

Перед вычислением продолжительности солнечного сияния следует проверить правильность наложения ленты по месту прокола ее иглой. Если лента наложена верно и прокол приходится точно на второе часовое деление от середины ленты, то обработка производится по часовым интервалам, нанесенным на ленте. Если место прокола смещено более чем на 0,2 часов, следует произвести новую разбивку ленты по часовым интервалам, считая место прокола началом часа.

Для каждого часового интервала длина прожога на ленте оценивается в десятых долях часа и записывается карандашом под прожогом в этом часовом интервале. Если прожогом занят весь часовой промежуток, то записывается 1,0, если часть часового промежутка, то соответственно размеру этой части записывается 0,1; 0,2; 0,3 и т. д.

Если в течение одного часа линия прожига была прерывиста и состояла из нескольких отдельных частей, то определяется продолжительность каждого отдельного прожига и вычисляется суммарная продолжительность за данный час.

При определении продолжительности отдельных прожигов руководствуются следующими правилами:

1) обязательно учитываются и очень слабые прожиги даже в тех случаях, когда лента только слегка изменила окраску (если это является следствием действия Солнца);

2) считаются записью пропуски прожига на белых линиях, если прожог замечен непосредственно перед ними и сразу после них;

3) запись гелиографа в виде отдельной точки принимается за 0,1 часа, если протяженность такой записи равна половине десятой доли часа (0,05) или несколько больше; более короткая запись принимается во внимание, если это единственный след солнечного сияния за весь день;

4) принимаются за 0,1 часа единичные точечные прожиги, если они окажутся не в одном, а в нескольких часовых интервалах;

5) все они приписываются какому-либо одному из этих часовых интервалов (предварительно нужно убедиться, что точки получены не во время смены лент).

Очень слабые прожиги легко обнаруживаются, если наклонить ленту и рассматривать ее при косом освещении.

При обработке лент гелиографа все записи на них должны быть сделаны аккуратно простым карандашом; на самом прожиге делать какие-либо записи запрещается.

Контрольные вопросы и задания

1. Что изучает наука актинометрия?
2. Перечислите приборы для измерения лучистой энергии Солнца.
3. С помощью какого прибора измеряется прямая солнечная радиация?
4. Какие виды солнечной радиации измеряются термоэлектрическим пиранометром М-80М?
5. С помощью какого прибора измеряется радиационный баланс?
6. Как называется прибор для измерения тока, возникающего в термобатареях термоэлектрических актинометрических приборов?
7. Для чего предназначена стойка актинометрическая М-13а?
8. В какие периоды года применяют вогнутую, прямую и выпуклую ленты гелиографа?

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст] // Метеорологические наблюдения на станциях. – Вып. 3. Ч. 1. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.
4. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям [Текст]. – Изд. 3-е. – Л.: ГИМИЗ, 1973. – 223 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 «Измерение температуры»

Цель работы – получить представления об измерении температуры воздуха и почвы на метеостанциях, познакомиться с различными температурными шкалами и знать их взаимосвязь, а также изучить приборы для измерения температуры воздуха и почвы.

Задание – законспектировать материал, зарисовать метеоприборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о температурном режиме атмосферы и почвы, знать теплофизические характеристики воздуха и почвы.

3.1. Общие сведения

На метеорологических станциях измеряют температуру воздуха, почвы, воды, снега, а также градиенты температуры в этих средах. Температура является одной из основных величин, характеризующих тепловое состояние системы. При изменении температуры тел меняются их механические, электрические, оптические и другие физические свойства (размеры, электропроводность, излучение и др.).

По изменению какого-либо физического свойства тела, температурная зависимость которого известна, можно определить температуру тела. В метеорологии применяется метод непосредственного измерения температуры тел. Чаще температуру исследуемых сред определяют с помощью термометров.

При измерении температуры исследуемой среды с помощью помещенного в нее термометра исходят из того, что температура всех частей изолированной системы (в данном случае среда – термометр), находящейся в состоянии термодинамического равновесия, одинакова. Если же система не находится в равновесии, то происходит теплопередача от тел с большей температурой к телам с меньшей температурой. Следовательно, если для тела, температуру которого надо измерить, и термометра создать условия для теплообмена и защитить их от внешнего воздействия, то после установления теплового равновесия температуры термометра и тела станут равными и поэтому показания термометра будут соответствовать температуре тела.

Принцип действия любого термометра основан на закономерной температурной зависимости некоторого выбранного для измерения физического свойства термометра (или применяемых в нем веществ).

Эти выбранные свойства и вещества называют термометрическими. Метод измерения температуры и вид термометра определяются выбранной термометрической характеристикой (или выбранным термометрическим веществом).

Температурные шкалы

Для сравнимости показаний различных термометров их градуируют по шкале. Единица измерения температуры зависит от выбранной *температурной шкалы*. В настоящее время принята международная практическая температурная шкала МПТШ-68. Для понимания ее особенностей необходимо уяснить ее связь с другими длительно применявшимися температурными шкалами. С момента изобретения Галилеем в 1598 г. термометра, основанного на использовании термометрического вещества, объем или давление которого зависит от температуры, были предложены различные температурные шкалы. Большое распространение, в том числе и в метеорологии, получили шкалы, которые предложили Фаренгейт в 1715 г., Реомюр в 1736 г., Цельсий в 1748 г., Кельвин в 1848 г.

Градус *температурной шкалы Фаренгейта* ($^{\circ}\text{F}$) составляет $1/180$ интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения 32°F и 212°F соответственно*.

Градус *температурной шкалы Реомюра* ($^{\circ}\text{R}$) составляет $1/80$ интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения соответственно 0°R и 80°R .

Градус *температурной шкалы Цельсия* ($^{\circ}\text{C}$)* составляет $1/100$ интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения соответственно 0°C и 100°C . Все шкалы этого типа зависят от рода применяющегося термометрического вещества.

Кельвин предложил *термодинамическую температурную шкалу (шкала Кельвина)*, не зависящую от термометрического вещества. Эта шкала, которая стала основной, опирается на одну реперную точку – тройную точку воды (точка равновесного состояния трех фаз воды). Единица этой шкалы называется *кельвин* и обозначается *K*. Для преемственности числового выражения этой шкалы со стоградусной шкалой Цельсия ее промежуток между точками таяния льда и кипения воды также был приравнен 100 градусам. С учетом этого и того,

* Первоначально эта шкала была построена по реперным точкам температуры смеси льда с поваренной солью и нашатырем и температуры человеческого тела. Обозначались они соответственно – 0 и 96.

что температура тройной точки воды лежит выше точки таяния льда на 0,01 градуса, реперной точке шкалы (тройной точке воды) дано значение 273,16 К.

Кельвин определяется как 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды (1/273,16 интервала термодинамической шкалы между абсолютным нулем и тройной точкой); связь между температурой по шкале Кельвина (T) и температурой по шкале Цельсия (t) такова: $t = T - 273,16 \text{ К}$.

С 1968 г. принята *международная практическая температурная шкала МПТШ-68*. Температура, измеряемая по этой шкале, совпадает с термодинамической температурой с существующей в настоящее время точностью измерений.

МПТШ-68 основывается на некоторых основных реперных точках (прил. 4) и эталонах, градуированных по этим точкам.

МПТШ-68 позволяет пользоваться как международной практической температурой Кельвина (T_{68}), так и международной практической температурой Цельсия (t_{68}). Единицами для них являются применявшиеся ранее (до 1968 г.) кельвин и градус Цельсия; сохранены и их обозначения соответственно К и °С. Связь между этими температурами – двумя практическими температурами – определяется соотношением $t_{68} = T_{68} - 273,16 \text{ К}^2$.

Инерция термометров

Термометр, помещенный в какую-либо среду для измерения ее температуры, принимает температуру среды не мгновенно. Время, необходимое для этого, зависит от интенсивности теплообмена между средой и термометром и от параметров термометра. Например, один и тот же термометр при прочих равных условиях, скорее примет температуру движущегося относительно него воздуха, чем неподвижного.

Количество тепла ΔQ , которое за каждый малый отрезок времени Δr термометр получает от среды (или отдает среде), пропорционально этому отрезку времени, разности температур термометра T_s и среды Q , а также зависит от площади поверхности термометра S , через которую осуществляется теплообмен между термометром и средой.

Количество тепла ΔQ , получаемое (теряемое) термометром за время Δr , с достаточной точностью определяется уравнением:

$$\Delta Q = -KS(t - Q)\Delta r, \quad (3.1)$$

где K – коэффициент внешнего теплообмена, зависящий от характеристик термометра и среды;

t – температура, °С;

Δr – отрезок времени, за который происходит теплообмен между термометром и окружающей средой.

Приток тепла ΔQ к термометру приводит к изменению его температуры на Δt , которое может быть определено на основании уравнения

$$\Delta Q = cm\Delta t, \quad (3.2)$$

где c – теплоемкость вещества термометра;

m – масса термометра.

Коэффициент инерции термометра в жидкой и газообразной среде зависит от скорости перемещения среды относительно термометра. Это является следствием изменения коэффициента внешнего теплообмена в связи с изменением относительной скорости движения среды.

Установлено, что коэффициент инерции термометра в воздушной среде обратно пропорционален корню квадратному из скорости движения воздуха относительно термометра.

Виды термометров

Термометров, применяемых для метеорологических измерений, достаточно много, однако наибольшее применение на метеорологической сети имеют:

1) жидкостные термометры, действие которых основано на изменении объема жидкости при изменении температуры;

2) деформационные термометры, действие которых основано на изменении линейных размеров твердых тел с изменением температуры;

3) термометры сопротивления, действие которых основано на изменении электропроводности тел с изменением температуры;

4) термоэлектрические термометры, действие которых основано на изменении электродвижущей силы термоэлементов при изменении разности температуры спаев;

5) термотранзисторные термометры, действие которых основано на зависимости напряжения «эмиттер–база» транзистора от температуры.

3.2. Термометры метеорологические стеклянно-жидкостные

Эта группа стеклянно-жидкостных термометров специальной конструкции предназначена для метеорологических измерений температуры главным образом на метеорологических станциях и постах.

Основными частями жидкостного термометра являются наполненный жидкостью стеклянный резервуар, соединенный с капиллярной трубкой, свободный конец которой запаян (одним концом она впаяна в стенку резервуара), скрепленная с резервуаром и капилляром пластинка с температурной шкалой и спаянная с верхней частью резервуара цилиндрическая стеклянная оболочка, внутри которой укреплены (с помощью скобок, пружины, втулок и др.) капилляр и шкала. Встречаются термометры более простой конструкции, изготовленные из толстостенных капиллярных трубок. Один конец трубки запаян, второй расширен и переходит в резервуар, заполненный жидкостью; шкала нанесена непосредственно на капиллярной трубке. Такие термометры иногда называют палочными.

В качестве термометрической жидкости в термометрах стеклянно-жидкостных используется ртуть, спирт или толуол.

Ртуть как термометрическая жидкость имеет ряд достоинств: малая теплоемкость, большая теплопроводность, отсутствие смачивания стекла. Все это позволяет изготавливать термометры высокой точности. Недостатками ртути являются сравнительно небольшой коэффициент расширения (у спирта и толуола он значительно больше) и высокая токсичность.

Ртуть по степени токсичности относится к чрезвычайно опасным веществам. Отходы, содержащие ртуть (на метеостанциях это ртутные стеклянно-жидкостные термометры, ртутные барометры, утратившие свои потребительские свойства и пришедшие в негодность) характеризуются I классом опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду, а также на человека и среду его обитания, т.е. являются чрезвычайно опасными. При температурах выше минус 38,87 °С (точка плавления ртути) ртуть находится в жидком состоянии. При температурах ниже указанной выше ртуть превращается в твердое вещество. Исходя из этого для измерения температур выше минус 35 °С применяют ртутные термометры, а ниже минус 35 °С – спиртовые или толуоловые.

Измерение температур выше +25 °С спиртовыми термометрами не рекомендуется, так как при более высокой температуре спирт частично переходит в парообразное состояние (хотя его точка кипения 78,5 °С). Толуол используют в некоторых видах почвенных термометров. Чувствительность всех метеорологических термометров обеспечивает возможность отсчета с точностью 0,1 °С.

3.2.1. Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры воздуха

Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры воздуха приведены на рисунке 3.1.

Психрометрический (станционный) термометр

Психрометрический (станционный) термометр применяется в качестве основного для измерения температуры воздуха на метеорологических станциях.

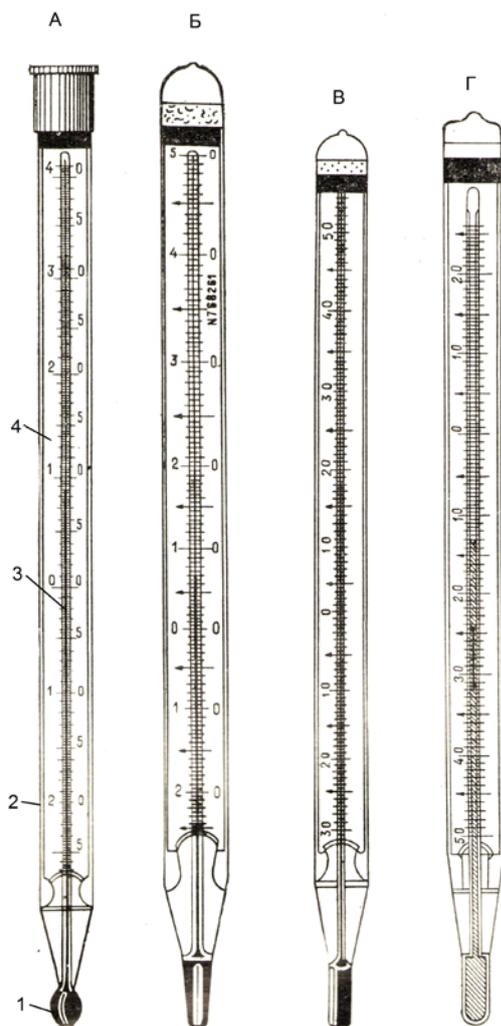


Рис. 3.1. Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры воздуха:
 А – станционный; Б – срочный (напочвенный); В – максимальный; Г – минимальный; 1 – резервуар; 2 – корпус; 3 – капилляр; 4 – шкала

Он используется непосредственно для измерения температуры воздуха, а также при определении влажности воздуха с помощью станционного психрометра. Прибор представляет собой ртутный термометр со вставной шкалой из молочно-белого стекла (рис. 3.1, позиция А). Длина термометра – около 400 мм, диаметр стеклянной оболочки – около 15 мм. Резервуар термометра шарообразной формы диаметром 9–12 мм. Капилляр термометра круглый с наружным диаметром не более 2,5 мм. Пространство над ртутью в капилляре заполняется азотом. Психрометрические термометры выпускаются с пределами измерений от минус 31 до +50 °С или от минус 35 до +41 °С. Цена деления шкалы составляет 0,2 °С. Числовые отметки шкалы нанесены через каждые 5 °С. Для удобства установки термометра в специальном штативе на верхнем конце его защитной трубки укреплен металлический колпачок. Термометр устанавливается в психрометрической будке в вертикальном положении.

Термометр спиртовой метеорологический низкоградусный (ТМ-9)

Термометр спиртовой метеорологический низкоградусный (ТМ-9) служит для определения температуры воздуха ниже минус 35 °С. На метеорологических станциях он употребляется как дополнительный (к ртутному психрометрическому) и отличается от психрометрического в основном только термометрической жидкостью. Он несколько длиннее психрометрического, резервуар термометра имеет форму цилиндра диаметром около 6 мм. Выпускается с пределами измерения от минус 71 до +21 °С или от минус 81 до +11 °С; цена деления шкалы составляет 0,2 °С.

Термометр устанавливается в психрометрическую будку вертикально в специальном гнезде штатива рядом с психрометрическим термометром. Измерения с его помощью можно проводить при температуре воздуха минус 35 °С и ниже. Однако на практике их начинают производить параллельно с психрометрическим ртутным термометром, при температуре воздуха ниже минус 20 °С. По результатам этих измерений определяют так называемую дополнительную поправку для спиртового термометра. Она исключает погрешность в показаниях спиртового термометра, возникающую из-за того, что спирт термометра может испаряться и конденсироваться в верхней части капилляра, вследствие чего столбик спирта, по которому определяют температуру воздуха, уменьшается.

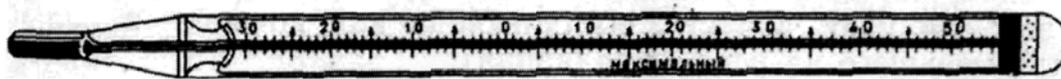
Устройство других метеорологических термометров, предназначенных для измерения текущих значений температуры, не имеет принципиальных отличий от описанных выше. Исключением являются термометры для измерения температуры почвы на разных глубинах до 20 см, имеющие особенности конструкции или применяющиеся с дополнительными устройствами.

Термометр ртутный максимальный

Термометр ртутный максимальный служит для измерения максимальной температуры за некоторый промежуток времени (рис. 3.2). Цена деления его шкалы составляет 0,5 °С; пределы измерения температуры – от минус 35 до +50 °С или от минус 20 до +70 °С. Рабочее положение термометра близко к горизонтальному (резервуар слегка опущен).

Показания максимальных значений температуры этим термометром сохраняются благодаря наличию штифта (рис. 3.2, б), прикрепленного внутри резервуара (к его дну), и вакуума в капилляре над ртутью. При повышении температуры избыток ртути из резервуара

вытесняется в капилляр через узкое кольцеобразное отверстие между штифтом и стенками капилляра и остается там. При снижении температуры объем ртути в резервуаре уменьшается. При этом из-за сил трения в кольцеобразном сужении, превышающих силы сцепления ртути, ее столбик разрывается, верхний конец столбика ртути при этом показывает наибольшую температуру за период между наблюдениями. Таким образом, положение конца столбика ртути относительно шкалы соответствует максимальной температуре. Встряхнув термометр, приводят его показания в соответствие с температурой в данный момент. После этого показания термометра не должны отличаться от показаний контрольного (например, психрометрического) более чем на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



a

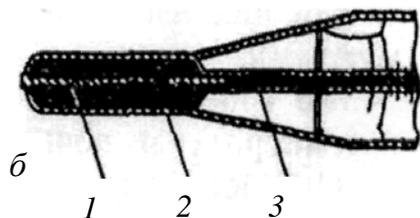


Рис. 3.2. Термометр максимальный (*a*) и устройство, обеспечивающее сохранность максимальных значений (*б*): 1 – штифт; 2 – резервуар; 3 – капилляр

Термометр спиртовой минимальный

Термометр спиртовой минимальный применяют для измерения минимальной температуры за некоторый промежуток времени (рис. 3.3). Цена деления его шкалы составляет $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; нижний предел измерений может варьировать от минус 75 до минус $41\text{ }^{\circ}\text{C}$, верхний – от плюс 21 до плюс $41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сохранение минимальных значений обеспечивается находящимся в капилляре внутри спирта штифтом-указателем. Утолщения штифта меньше внутреннего диаметра капилляра, поэтому при повышении температуры спирт, поступающий из резервуара в капилляр, обтекает штифт, не смещая его. При понижении температуры штифт после соприкосновения с мениском столбика спирта перемещается вместе со спиртом к резервуару (так как силы поверхностного натяжения пленки спирта больше сил трения штифта о стенки капилляра. При перемещении штифт окажется в ближайшем к резервуару положении, которого достигнет мениск столбика спирта при минимальной температуре, и останется там после повышения

температуры. Таким образом, положение конца штифта, ближайшего к мениску спирта, указывает по шкале минимальную температуру, а мениск спирта – температуру в момент измерения.

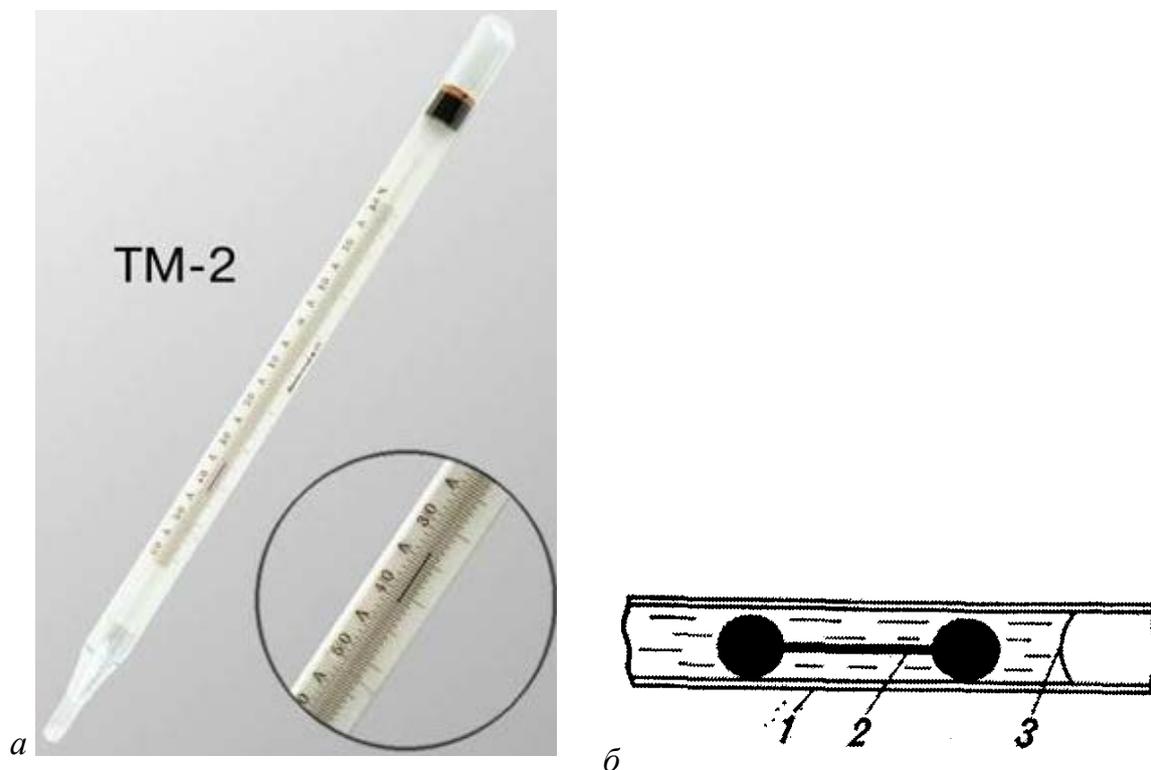


Рис. 3.3. Термометр минимальный (а) и устройство, обеспечивающее сохранность минимальных значений (б):

1 – капилляр, 2 – штифт; 3 – мениск спирта

Рабочее положение термометра – горизонтальное. До установки в рабочее положение минимальный термометр приподнимают резервуаром кверху и держат до тех пор, пока штифт не опустится до мениска спирта.

3.2.2. Термометры стеклянно-жидкостные для измерения температуры почвы

Термометры ртутные метеорологические коленчатые (Савинова)

Термометры ртутные метеорологические коленчатые (Савинова) выпускаются комплектом по четыре термометра, отличающихся длиной (290, 350, 450 и 500 мм) за счет разной длины надшкальной части (см. рис. 2.4). Они предназначены для измерения температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см. Цена деления шкалы составляет 0,5 °С,

пределы измерения – от минус 10 до +50 °С. Вблизи резервуара термометр изогнут под углом 135°. Капилляр на участке от резервуара до начала шкалы покрыт теплоизоляционной оболочкой, что уменьшает влияние на показания термометра слоя почвы, лежащего над его резервуаром, и обеспечивает более точное измерение температуры на глубине, где установлен резервуар.

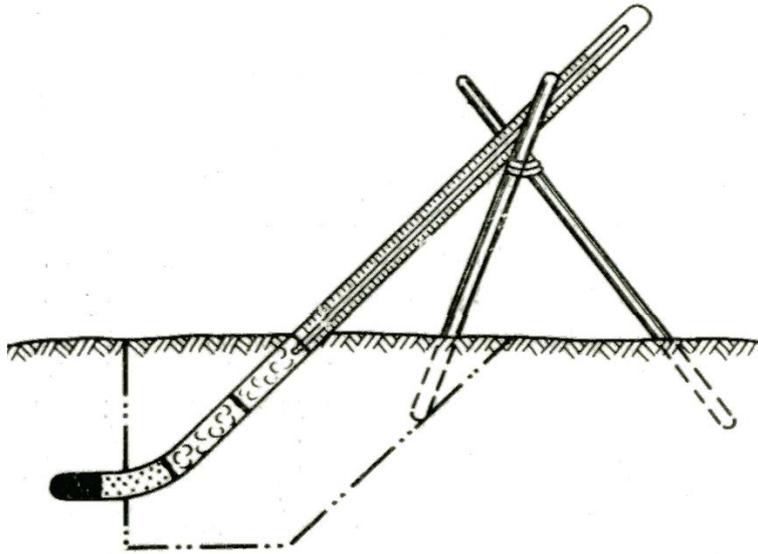


Рис. 3.4. Установка коленчатых термометров в почву

Коленчатые термометры (Савинова) устанавливают только на теплый период года (сразу после схода снежного покрова и до момента понижения температуры почвы на глубине 5 см ниже 0 °С) на той же площадке, где устанавливаются термометры для наблюдений за температурой поверхности почвы. Их устанавливают в середине площадки на 20 см к западу от напочвенных термометров. Выступающие из земли части коленчатых термометров должны располагаться в ряд по нарастающим глубинам (5, 10, 15, 20 см) в направлении с востока на запад, причем резервуары их должны быть обращены на север. Расстояние между термометрами должно быть около 10 см.

При установке термометров в почве делается канавка (выемка) длиной 40 см и шириной 25–30 см с одной вертикальной стенкой (на север). Канавка направляется не точно по линии восток – запад, а с отклонением от этой линии к северу примерно на 30°. Вдоль выемки кладут прямую рейку, отмечают от нижней ее поверхности глубину, на которой должен быть установлен термометр, и делают в отвесной стенке горизонтальное углубление самим резервуаром термометра. Каждый термометр вставляют резервуаром в почву до самого изгиба (при этом следят, чтобы почва плотно прилегала к резервуару

термометра) и частично засыпают его землей. После установки всех термометров канавку засыпают вровень с поверхностью участка. Для устойчивости термометров их выступающие над почвой части подпирают рогаткой.

Установка с почвенно-вытяжными термометрами (ТПВ-50)

Установка с почвенно-вытяжными термометрами (ТПВ-50) предназначена для измерения температуры почвы и грунта на глубинах от 20 до 320 см. Для измерения температуры на каждой глубине в установках применяется почвенно-вытяжной термометр (ГОСТ 6083–51).

Это ртутный метеорологический термометр. Его длина – 360 мм, диаметр стеклянной оболочки – 16 мм, диапазон измерений – около 50 °С (верхний диапазон шкалы может варьировать от +31 до +41 °С, нижний – от минус 10 до минус 20 °С).

Цена наименьшего деления составляет 0,2 °С. Сборка, состоящая из двух частей (шест с термометром и винипластовая трубка), показана на рисунке 3.5.

Термометр 3 помещен в винипластовую оправу 4. В оправу вокруг резервуара термометра насыпают медные опилки, обеспечивая тем самым его тепловой контакт с металлическим колпачком 7 оправы, а также увеличивая термическую инерцию термометра, что необходимо для сохранения показаний термометра во время производства отсчетов.

Оправа 4 с термометром укреплена на деревянном шесте 5, на другом конце которого надет колпачок 2 с кольцом. Внутри колпачка помещается фетровая кольцевая прокладка. Длина шеста зависит от глубины, на которую устанавливается термометр.

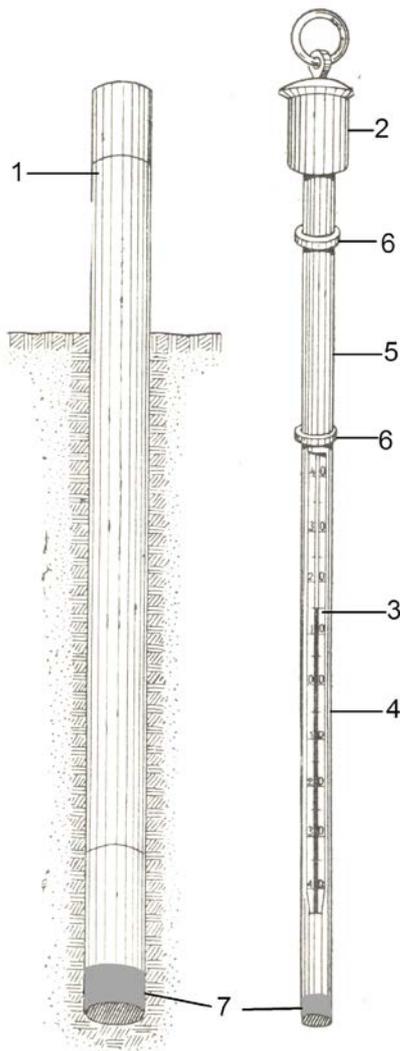


Рис. 3.5. Термометр с шестом и трубка почвенно-вытяжной установки: 1 – эбонитовая труба; 2 – колпачок с кольцом; 3 – термометр; 4 – винипластовая оправа; 5 – деревянный шест; 6 – войлочные кольца; 7 – металлические колпачки

Деревянный шест 5 с укрепленным на нем термометром в оправе опускается в эбонитовую трубу 1, закрытую с нижнего конца металлическим колпачком 7. На нижнюю часть трубы надевается металлический хомут с тремя ушками для оттяжек, которыми крепится труба 1 при установке. Труба 1 закапывается в грунт на ту глубину, на которой измеряется температура. Шест 5 должен входить в трубу свободно.

На шесте в нескольких местах укреплены войлочные кольца 6, препятствующие обмену воздуха в трубе. Когда шест с термометром опущен в трубу, дно оправы должно касаться металлического дна стаканчика трубы. (Только в этом случае можно получить правильные значения температуры почвы на глубине.) Труба покрывается масляной краской; часть, погружаемая в землю, окрашивается обычно в зеленый цвет, а часть, выступающая над почвой — в белый (для меньшего нагрева от радиации).

Надземная часть трубы имеет длину 40 см, для районов с высоким снежным покровом применяют трубы с длиной надземной части 100 см.

Трубы длиной 3,4; 3,6 и 4,2 м и шесты для них изготавливаются из отдельных секций, соединяемых между собой муфтами.

Установка ТПВ-50 размещается на открытой площадке с естественным травяным покровом. Трубы располагают в один ряд на расстоянии 50 см друг от друга по возрастанию глубины в направлении с востока на запад (рис. 3.6).

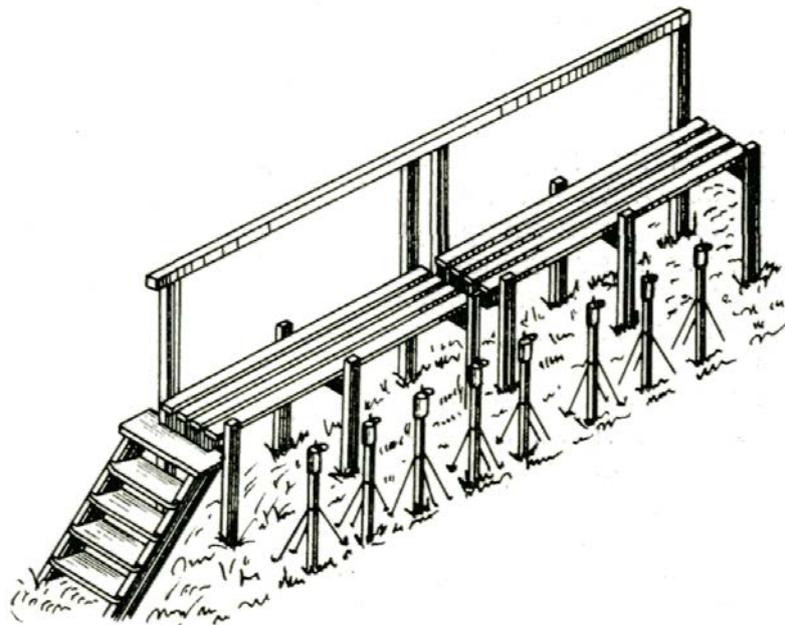


Рис. 3.6. Монтаж установки ТПВ-50 на метеорологической площадке

Установка труб в почве производится в вертикальных скважинах соответствующей глубины, пробуренных с помощью бура. Часть трубы, выступающую над поверхностью почвы, укрепляют с помощью проволочных оттяжек. Надземная часть труб должна быть равна 1,0 м в районах с высотой снежного покрова более 50 см и 40 см – в районах с высотой снежного покрова менее 50 см.

Чтобы при наблюдениях по вытяжным термометрам не нарушать вокруг них состояние поверхности почвы, делается откидной деревянный помост, с которого проводят измерения. Этот помост устанавливают с северной стороны ряда вытяжных термометров, на расстоянии 30 см от них, на одном уровне с верхними концами труб вытяжных термометров или немного ниже их (между измерениями доска помоста должна находиться в вертикальном положении).

Необходимо следить, чтобы в трубы не попадала вода. Для контроля термометр в нижней части обертывают куском промокательной бумаги и привязывают ее ниткой. Затем, опустив на некоторое время термометр в трубу, вынимают его, смотрят, нет ли воды на промокательной бумаге. В случае появления трещин в трубе необходимо их замазать или заменить трубу новой.

С течением времени медные опилки, окружающие резервуар вытяжного термометра, постепенно слеживаются, уплотняются и оказывают давление на резервуар термометра. Вследствие этого точка нуля вытяжного термометра может смещаться, как правило, в сторону повышения больше, чем у других термометров. При проверке точки нуля термометры не вынимают из оправ, а только снимают с палок. Вытяжные термометры вместе с оправой погружают в снег или тающий скобленный лед, закрывая им оправу. Спустя час, не вынимая термометра из снега, очищают часть шкалы около 0° и производят отсчет точки нуля.

Термометр-щуп походный почвенный (АМ-6)

Термометр-щуп походный почвенный (АМ-6) предназначен для измерения температуры почвы в пахотном слое на глубинах от 3 до 40 см (рис. 3.7).

Он состоит из термометра и оправы. Термометр жидкостный толуоловый длиной 580 мм с пределами шкалы от 0 до +60 °С. Минимальное деление шкалы составляет 1 °С.

Оправа обеспечивает возможность погружения термометра в почву на нужную глубину.

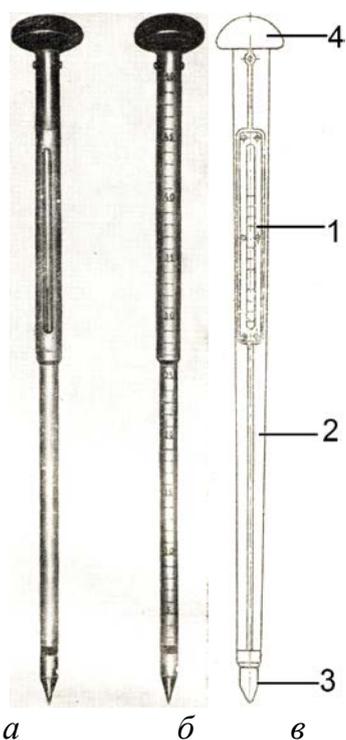


Рис. 3.7. Термометр-щуп походный почвенный: а – лицевая сторона; б – обратная сторона; в – схема прибора; 1 – термометр; 2 – оправа; 3 – металлический наконечник; 4 – рукоятка

На нижнем конце оправы 2 с помощью втулки из термоизоляционного материала укрепляется металлический наконечник 3.

Вверху оправы имеется рукоятка 4, с помощью которой погружают и извлекают термометр вместе с оправой из почвы. Термометр 1 закреплен в оправе с помощью резиновых прокладок, изоляционной ленты и пружины.

Его шкала находится против продольного окна оправы, а резервуар – внутри полости наконечника 3. Окно оправы закрыто пластинкой из органического стекла. Для обеспечения теплового контакта резервуара термометра с наконечником 3 свободное пространство между его стенками и резервуаром заполняется медными опилками.

На оправе, на противоположной окну стороне (рис. 3.7, б), нанесены сантиметровые деления с оцифровкой через каждые 5 см; нуль шкалы совпадает с местом расположения резервуара термометра. По этой шкале определяют глубину погружения резервуара термометра.

Термометр в оправе имеет достаточно большую инерцию, и поэтому измерение температуры (отсчет по термометру) производят не менее чем через 6 мин после его погружения.

3.3. Термометры деформационные

В метеорологии применяется главным образом один вид деформационных термометров – *биметаллические* термометры.

Чувствительным элементом биметаллических термометров служит биметаллическая пластинка. При изменении температуры такая биметаллическая пластинка изгибается вследствие различного расширения составляющих ее металлов – стали и инвара (рис. 3.8).

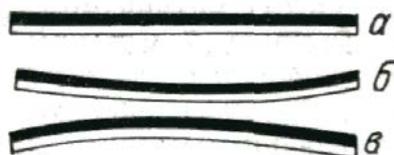


Рис. 3.8. Деформация биметаллической пластинки

Например, если взять биметаллическую пластинку (инвар, имеющий меньший коэффициент расширения, расположен наверху), то при увеличении температуры пластинка изогнется таким образом, что инвар окажется с вогнутой стороны пластинки (рис. 3.8, б); при понижении температуры пластинка изогнется в обратную сторону (рис. 3.8, в).

Термографы

Измерение температуры в отдельные моменты времени не всегда является достаточным. Во многих случаях важно знать также непрерывный ход изменения температуры. Для регистрации вариаций температуры во времени в метеорологии применяются самописцы, называемые термографами.

Термограф (рис. 3.9, 3.10) после 1956 г. выпускается в пластмассовом корпусе. На основании корпуса с помощью винтов крепится плата 2, на которой смонтирован весь механизм термографа. Биметаллическая пластинка 14, являющаяся чувствительным элементом термографа, смонтирована на кронштейне 12.



Рис. 3.9. Термограф (общий вид):

1 – перо; 5 – стрелка; 12 – кронштейн; 13 – винт; 14 – биметаллическая пластинка; 18 – корпус; 19 – отметчик времени; 19 – барабан

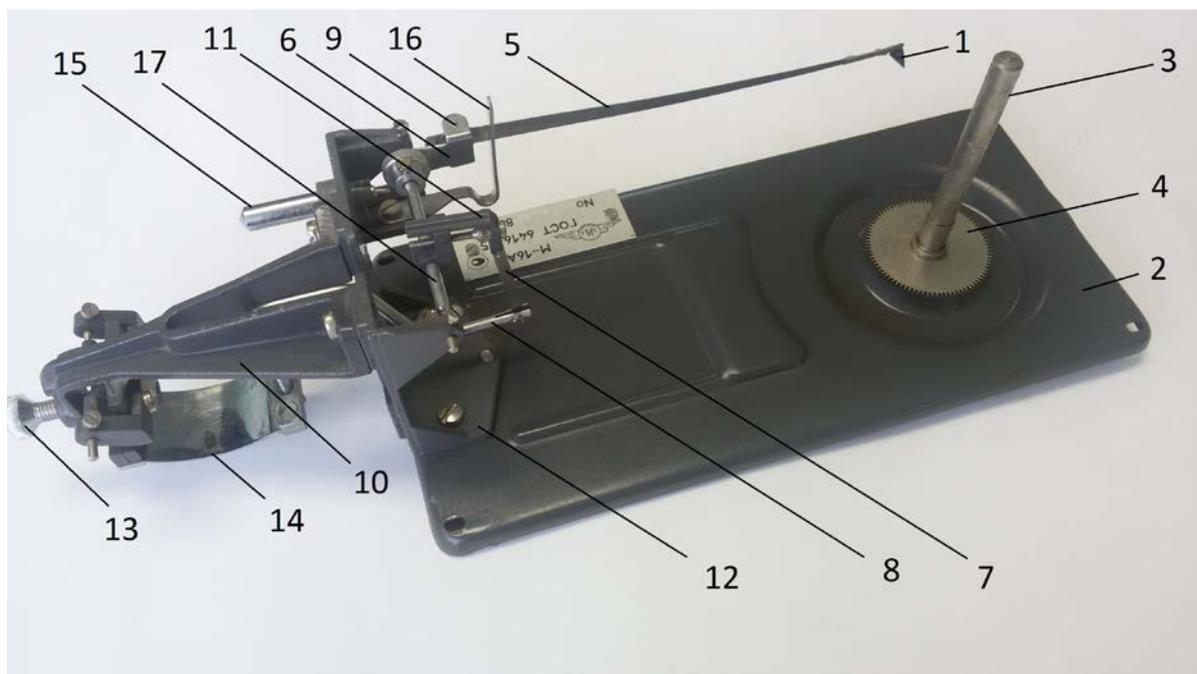


Рис. 3.10. Механизм термографа:

1 – перо; 2 – плата; 3 – ось барабана; 4 – подкладное колесо; 5 – стрелка;
6 – рамка шарнира стрелки; 7 – тяга; 8, 11 – рычаги; 9 – ось шарнира стрелки;
10, 12 – кронштейны; 13 – винт; 14 – биметаллическая пластинка;
15 – кнопка отметчика времени; 16 – рукоятка; 17 – ось стрелки

Кронштейн 12 крепится ко второму кронштейну 10, на котором собран рычажный механизм, связывающий биметаллическую пластинку со стрелкой 5, несущей на своем конце перо 1. Кронштейн 10 с механизмом крепится к плате 2.

Рычажный механизм состоит из рычага 11, соединенного со свободным концом биметаллической пластинки, тяги 7, рычага 8, закрепленного на оси 9, связанной со стрелкой 5. При изменении температуры биметаллическая пластинка 14 деформируется и перемещает стрелку 5 с пером вдоль барабана с лентой (перемещение передается через рычаг 11, тягу 7, рычаг 8 и ось 9).

Барабан вращается часовым механизмом вокруг вертикальной оси 3, закрепленной в плате 2. Для снятия барабана с оси для заводки часов и смены ленты, крышку открывают за рукоятку при одновременном нажиме на кнопку замка. Стрелка 5 с пером отводится поворотом рукоятки 16 по часовой стрелке до упора (прижим стрелки с пером к барабану осуществляется поворотом ее в обратном направлении до исходного положения). С помощью кнопки 15 можно сделать пером отметку на ленте, не открывая крышку. Начальное положение пера устанавливается с помощью винта 13.

Для предохранения биметаллической пластинки *14* от механических повреждений служит защита, изготовленная из металлических прутков.

Металлическое перо, применяемое в самописцах, представляет собой небольшую полую пирамидку, вершиной обращенную к бумаге. Перо заполняется специальными чернилами. Чернила для самописцев не должны быть густыми, гигроскопичными, растекаться на ленте. В состав специальных чернил, как правило, добавляется глицерин.

Стрелка *5* (узкая упругая пластинка) с помощью шарнира *б* связана с осью *17*. Ось шарнира *9* вставлена в рамку шарнира *б* с некоторым отклонением от вертикали таким образом, чтобы конец стрелки с пером при отводе ее от барабана и повороте вокруг оси несколько поднялся вверх. Под воздействием силы тяжести (своей массы) стрелка будет стремиться занять наиболее низкое положение и, поворачиваясь вокруг оси, прижиматься пером к барабану. Степень прижима пера определяется углом наклона оси *9*. Увеличение или уменьшение наклона оси производится поворотом в соответствующую сторону рамки шарнира *б*. Правильно отрегулированная стрелка начнет отходить от барабана при наклоне самописца на 30–40°.

Барабан с часовым механизмом (рис. 3.11) служит для равномерного перемещения ленты, на которой записывается ход температуры. Лента накладывается на барабан *2* и концы ее зажимаются плоской пружиной. Нижний конец пружины вставлен в отверстие ободка барабана, а верхний загнут в виде крючка, и зацепляется за верхнюю кромку барабана, имеющего в этом месте небольшой вырез.

Внутри барабана на его съемном основании *8* крепится часовой механизм с пружинным заводом и спусковым регулятором. Пружина, приводящая в движение часовой механизм, помещена в заводном барабане *12* и заводится с помощью ключа *1*. Для ключа имеется отверстие в диафрагме барабана. Второе отверстие в диафрагме, закрытое пробкой *5*, расположено против регулятора *б* хода *7* часового механизма. Снимая пробку, через это отверстие можно регулировать ход часового механизма. Заводная пружина одним концом закреплена за ось заводного барабана, на которую надет ключ, другим концом она зацепляется за выступ на его внутренней стенке. Заведенная пружина, стремясь расправиться, вращает барабан. Скорость вращения барабана задается спусковым регулятором *б*, который связан с барабаном системой зубчатых колес.

При работе часов барабан с часовым механизмом вращается вокруг оси *4*, прикрепленной к плате самописца. Это вращение вызывается тем, что трибка *10*, сидящая на оси *11*, обкатывается вокруг

неподвижного колеса 9, прикрепленного вместе с осью 4 к плате. При полном заводе пружины часы идут 180 ч. Трибка 10 связана с осью 11 фрикционно, что позволяет проворачивать весь барабан с часовым механизмом вручную.

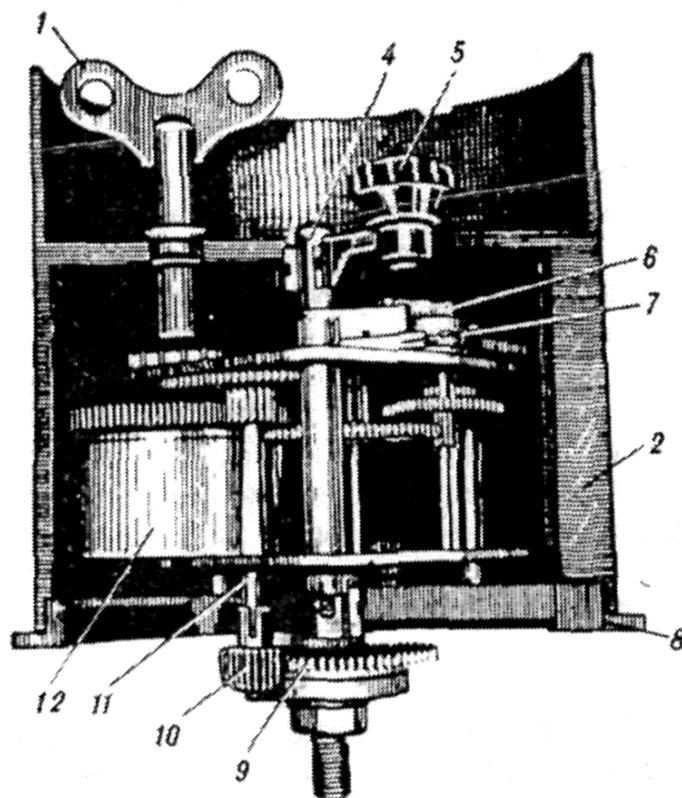


Рис. 3.11. Барабан с часовым механизмом в разрезе:
 1 – ключ; 2 – барабан; 3 – зажимная пружина; 4 – ось; 5 – пробка;
 6 – регулятор; 7 – ход; 8 – основание; 9 – подкладное колесо;
 10 – трибка; 11 – ось трибки; 12 – заводной барабан

Часовые механизмы выпускаются двух видов: суточные (продолжительность одного оборота барабана – 26 ч) и недельные (продолжительность одного оборота – 176 ч.).

По техническим условиям часы должны работать при изменении температуры окружающего воздуха в пределах от минус 35 до +45 °С, при этом иметь точность хода для суточных термографов ± 5 мин. за 24 ч. и для недельных термографов ± 30 мин за 168 ч. (7 сут.). Лента термографа разграфлена прямыми горизонтальными линиями и вертикально расположенными дугами. Горизонтальные линии образуют шкалу температуры с ценой наименьшего деления 1 °С. Вертикальные дуги образуют шкалу времени с ценой деления 15 мин для суточного термографа и 2 ч. для недельного.

Некоторый запас лент для термографа следует хранить в будке около прибора, чтобы лента находилась в одинаковых условиях с ним и не деформировалась при надевании ее на барабан.

Смена лент на термографе проводится в следующем порядке. Открывают крышку термографа, отводят стрелку с пером и снимают барабан с оси. В верхнем углу конца снимаемой ленты записывают время (с точностью до одной минуты), когда сделана последняя отметка. Освобождая ленту, снимают ее с барабана. Берут новую ленту, на оборотной стороне которой должно быть надписано название пункта наблюдений, дата и время, когда ставится лента, и накладывают ее на барабан так, чтобы она плотно к нему прилежала, а нижний обрез ленты вплотную упирался в выступ барабана. Левый край ленты накладывают на правый. Горизонтальные линии на обоих концах ленты должны совпасть. В верхнем левом углу новой ленты отмечают время начала записи (с точностью до одной минуты) и надевают барабан на ось.

Барабан устанавливают так, чтобы положение пера относительно шкалы ленты соответствовало времени установки. Барабан при этом можно вращать в любом направлении, но последний поворот при окончательной установке барабана в нужном положении должен производиться против часовой стрелки (для выборки люфтов).

Арретир придвигают так, чтобы перо прикоснулось к ленте, надетой на барабан. При этом от пера на ленте должен остаться след. Затем закрывают крышку термографа.

При ухудшении качества записи перо следует снять, промыть спиртом или водой, хорошо обтереть и, прочистив кусочком плотной бумаги расщеп пера, снова насадить на стрелку и наполнить перо чернилами. В случае необходимости перо заменяют.

Перо должно быть насажено на стрелке так, чтобы расстояние от оси вращения рычага до кончика пера (радиус вращения пера) было равно радиусу вертикальных кривых на ленте. Для проверки правильности насадки пера стрелку с пером с помощью регулировочного ключа (или винта) перемещают по всей шкале ленты. Описанная пером дуга должна быть параллельна дугам шкалы ленты. После такой проверки перо с помощью ключа устанавливают относительно шкалы ленты в положение, соответствующее практическому значению температуры воздуха, которая берется по показаниям сухого термометра стационарного психрометра.

Периодически следует контролировать степень прижима пера к барабану. При слишком большом прижиме возникает большое трение между пером и лентой. При изменении температуры перемещение

пера по вертикали происходит скачкообразно и запись получается ступенчатой. При недостаточном прижиге стрелки с пером она может отклоняться от барабана, в этом случае запись прервется. Степень прижима определяют, наклоняя термограф на 30–40° в ту сторону, где расположено перо. При правильном прижиге пера оно должно при этом отходить от ленты. Если прижим слишком велик (недостаточен), его следует уменьшить (увеличить).

3.4. Измерение и регистрация температуры воздуха и почвы на метеорологических станциях

3.4.1. Порядок производства измерений с помощью термометров

Отсчеты показаний термометров производят с точностью до 0,1 °С независимо от цены деления шкалы. Для обеспечения такой точности необходимо соблюдать определенные правила производства измерений и их последовательность.

Определяют положение конца столбика жидкости в капилляре относительно шкалы. При этом глаз располагают так, чтобы визирная линия была перпендикулярна капилляру и проходила через верхнюю (нижнюю) точку мениска столбика ртути (спирта). При правильном расположении глаза, видимые через капилляр отметки шкалы в месте отсчета и вблизи него не искажаются; при низком расположении глаза штрихи будут казаться в средней части изогнутыми кверху, а при слишком высоком – изогнутыми книзу.

Правильность расположения глаза при отсчетах по палочным термометрам можно определить по зеркальным изображениям отметок шкалы, которые видны в виде черных полосок на блестящей поверхности ртути. Эти изображения должны совпадать с отметками шкалы и стать незаметными. Отсчеты следует делать быстро. В первую очередь отсчитывают десятые доли градуса, а затем целые градусы. Такая последовательность отсчетов в значительной мере исключает погрешность измерения, вызываемую влиянием наблюдателя на термометр – он может несколько нагреть или охладить термометр, соответственно изменив его показания и, тем самым, внося погрешность в измерения, которую нельзя учесть.

Для исключения инструментальной погрешности в отсчеты по термометрам вводят поправки, взятые из их поверочных свидетельств. Поэтому каждый термометр любого типа (не только жидкостный), который предназначается для метеорологических измерений,

периодически поверяется. В результате поверки получают поправки по всей шкале термометра относительно Международной практической температурной шкалы (МПТШ-68). В соответствии с установленными сроками в зависимости от вида термометра его подвергают контрольной поверке.

3.4.2. Измерение температуры воздуха

На метеорологических станциях измеряют средние значения температуры (период осреднения несколько минут) небольшого слоя воздуха (толщиной 10–20 см), середина которого расположена на высоте 2 м от поверхности почвы.

Автономные приборы и датчики, применяемые для измерения температуры воздуха, должны иметь радиационную защиту, в достаточной мере ослабляющую влияние прямой солнечной радиации на их чувствительные элементы, или помещаться в специальных защитных устройствах. Для указанных целей на метеорологических станциях приборы, предназначенные для измерений и регистрации температуры воздуха, устанавливают на метеорологической площадке в защитных будках.

Термометры устанавливают в *защитной (психрометрической) будке* (рис. 3.12). Три стенки и дверцы будки представляют собой двойные деревянные жалюзи. Пластинки жалюзи крепятся на расстоянии 25 мм друг от друга под углом 45° к вертикали стенки. Жалюзи защищают термометры, установленные в будке, от попадания на них прямых солнечных лучей и вместе с тем обеспечивают свободный доступ воздуха. Потолок будки сделан сплошным, дно состоит из трех досок; средняя доска укреплена несколько выше двух других и перекрывает зазор между ними. Над потолком будки для уменьшения ее нагревания укреплена крыша, имеющая небольшой скат. Внутренние размеры будки: высота 525 мм, ширина 160 мм, глубина 290 мм. Внутри будки к средней доске пола прикреплен железный штатив, на котором устанавливаются два психрометрических термометра (сухой – слева и смоченный – справа) и между ними с помощью винтов закрепляется волосной гигрометр. В нижней части штатива на железных лапках лежат максимальный и минимальный термометры. На нижней перекладине штатива есть кольцо, в которое вставляется психрометрический стаканчик с дистиллированной водой. Для уменьшения нагревания будку красят в белый цвет.

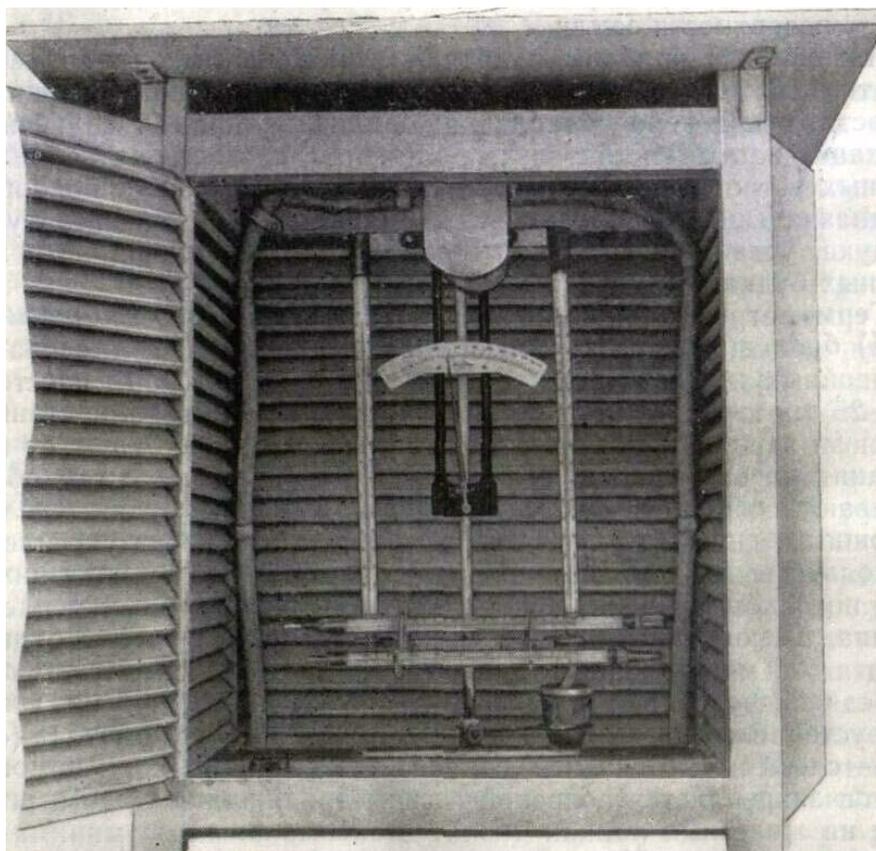


Рис. 3.12. Приборы в защитной психрометрической будке

Будка устанавливается на деревянных или металлических стойках (рис. 3.13) и прикрепляется железными угольниками или планками.

Для измерения температуры воздуха строго на одной и той же высоте (2 м) будку устанавливают так, чтобы резервуары термометров были на высоте 2 м от поверхности почвы.

Зимой в местах, где снежный покров достигает высоты более 1 м, надо иметь запасную подставку высотой 2,75 м и лесенку соответствующих размеров. На этой подставке устанавливают будку, когда высота снежного покрова будет около 1 м. Летом необходимо следить за тем, чтобы трава под будкой подрезалась.

Будка ориентируется дверцей на север, чтобы во время проведения измерений солнечные лучи не могли попасть на термометры. На полярных станциях, где солнце может находиться и в северной части неба, эта мера не всегда действенна. В этих случаях наблюдателям при производстве измерений следует встать так, чтобы затенять термометры.

Около будки устанавливается лестница, с которой наблюдателю удобно производить отсчеты. Стойки и лестница устанавливаются на врытых в землю столбиках. Для освещения приборов во время

измерений в темное время суток на потолке будки установлена лампочка мощностью не более 25 Вт, включаемая только на время отсчета.

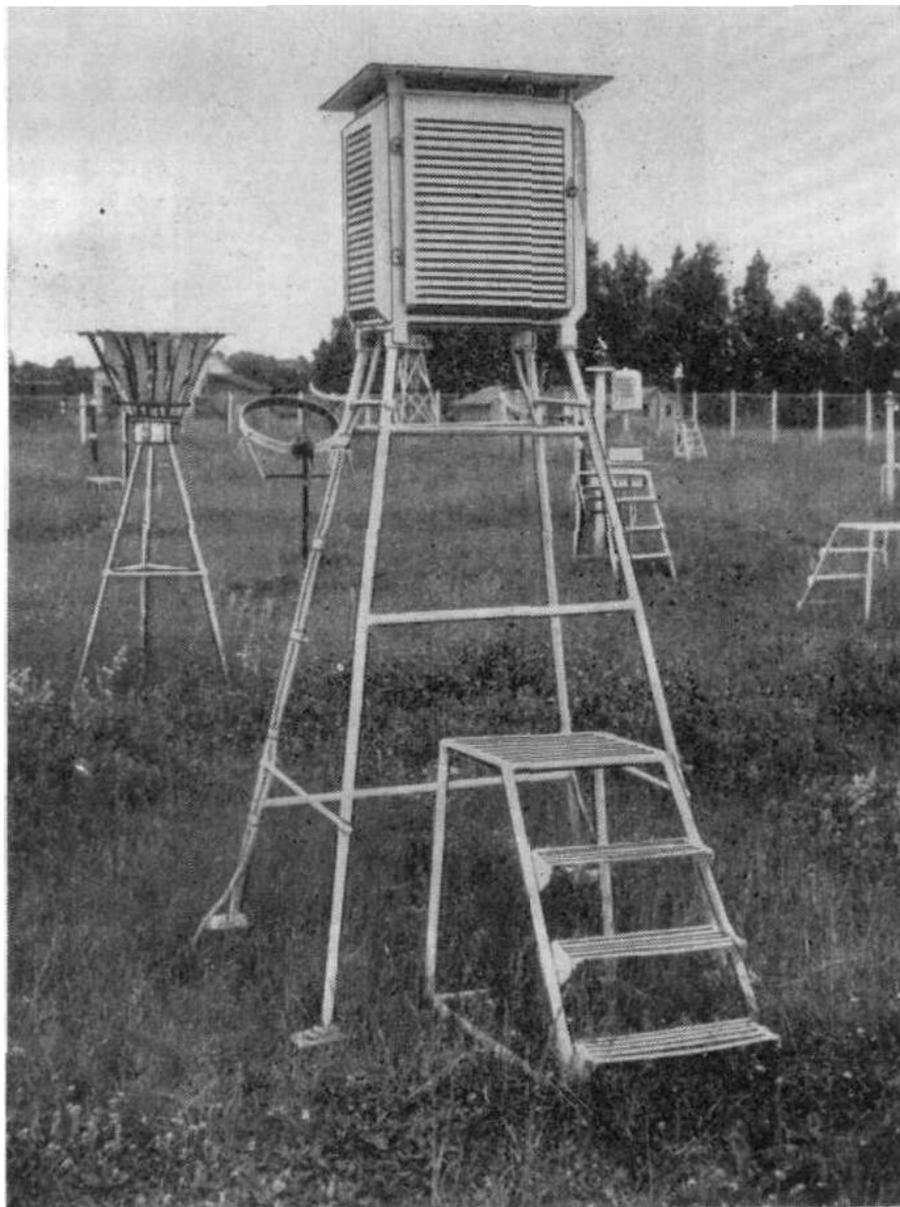


Рис. 3.13. Будка защитная на метеорологической площадке

В другой защитной будке (рис. 3.14) на метеорологической площадке (прил. 2) устанавливаются самопишущие приборы: термограф и гигрограф. Эта будка отличается от психрометрической только несколько большими размерами (внутренние её размеры – 605 × 460 × 460 мм). Конструкция, способ установки и ориентировки относительно сторон света у разных будок аналогичны. Внутри будки имеются две полки. Нижняя, на которой установлен термограф,

расположена так, что чувствительный элемент (биметалл) термографа находится на высоте 2 м от поверхности земли. На верхней полке устанавливается гигрограф.

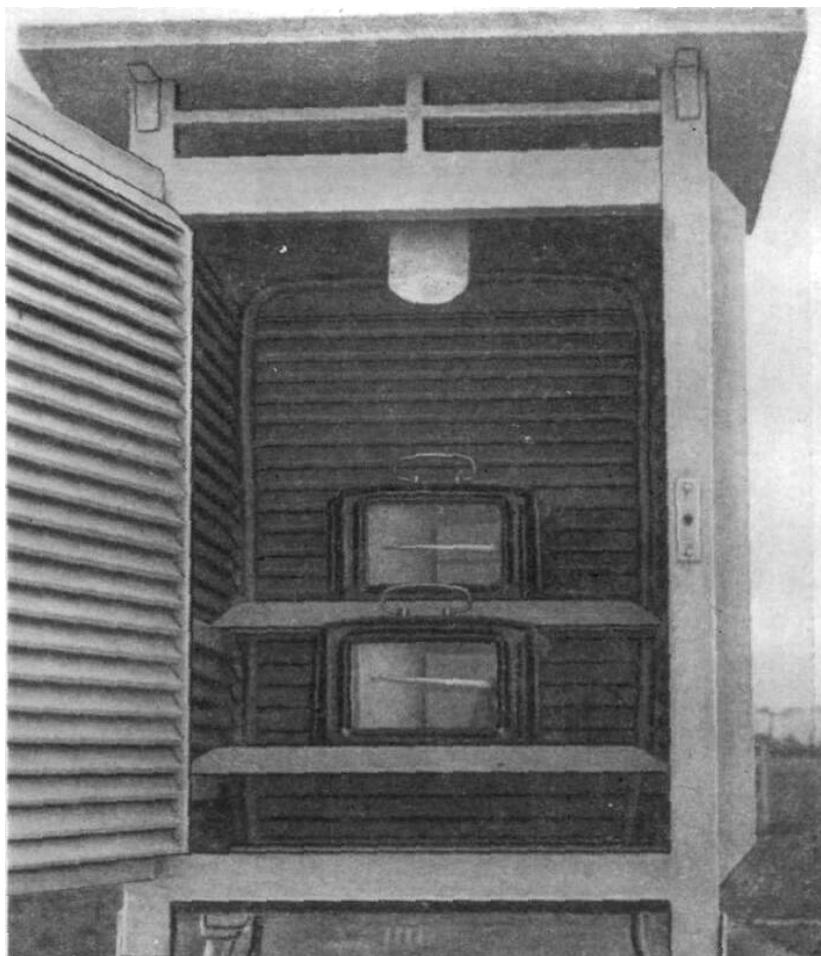


Рис. 3.14. Самописцы в защитной будке

3.4.3. Измерение температуры почвы и грунта

На метеорологических станциях производят измерения температуры поверхности почвы и грунта на глубинах до 3,2 м. Температуру почвы на поверхности определяют с помощью лежащих на ней жидкостных термометров: срочного, максимального и минимального. Термометры кладут на не затеняемой оголенной площадке размером 4 × 6 м. Весной площадка перекапывается на глубину 25–30 см, выравнивается и разрыхляется, в дальнейшем систематически пропалывается от травы.

В теплое время года термометры устанавливают в центре площадки так, чтобы резервуар и внешняя оболочка их погружались наполовину в почву. Устанавливать термометры следует резервуарами

к востоку на расстоянии 5–6 см друг от друга: первый с севера устанавливается срочный термометр, затем следует минимальный и за ним максимальный.

При наличии снежного покрова все три термометра кладут таким же образом на поверхность снега.

В ясные летние дни минимальный термометр после срока 07 ч. убирают в тень и вновь устанавливают за полчаса до срока, в 19 ч. Это вызвано тем, что при сильном нагревании солнечными лучами и последующем охлаждении, из-за дистилляции спирта в верхнюю часть капилляра, термометр начнет давать заниженные показания.

Принятый метод определения температуры поверхности почвы не совершенен, поэтому ведутся работы по улучшению методики этих наблюдений.

Измерения температуры почвы проводятся в отдельных точках на глубинах 2, 5, 10, 15, 20, 40, 80, 120 и 240 или 320 см термометрами сопротивления или же на глубинах 5, 10, 15 и 20 см коленчатыми термометрами (Савинова), а на глубинах 20 см и более – вытяжными ртутными термометрами (установка ТПВ-50) или термометрами сопротивления (установка Т-54-2).

Контрольные вопросы и задания

1. Какие температурные шкалы вы знаете? Какая шкала используется при проведении метеорологических измерений в Российской Федерации?

2. Какие виды термометров вы знаете?

3. Для чего предназначены термометры Савинова?

4. Какой метеорологический термометр по принципу действия напоминает медицинский термометр?

5. На каком принципе основаны деформационные термометры?

6. Чем термографы отличаются от термометров?

7. Для чего нужна психрометрическая будка?

8. В таблице 3.1 приведены средние месячные значения температуры воздуха в различные часы в самом теплом и самом холодном месяцах 1962 г. на метеостанции «Воробей» (Приморский край) и метеостанции «Сухуми» (Черноморское побережье Кавказа).

Станции расположены на одной и той же широте. Нужно построить графики суточного хода температуры воздуха по данным таблицы и сравнить суточный ход температуры на этих станциях в январе и июле.

Таблица 3.1

Средние месячные значения температуры воздуха

Время наблюдений, часы	Метеостанция «Воробей»		Метеостанция «Сухуми»	
	Январь	Июль	Январь	Июль
01:00	-18,8	14,0	6,5	22,1
07:00	-19,0	14,3	5,6	22,8
13:00	-16,0	16,4	10,1	25,7
19:00	-8,1	14,9	7,8	23,7

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.

2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.

3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст]. – Вып. 3. Ч. 1 // Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.

4. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения [Текст] / М.С. Стернзат. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
«Измерение атмосферного давления»

Цель работы – изучить порядок измерения атмосферного давления, приборы для измерения атмосферного давления.

Задание – законспектировать материал, зарисовать приборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представления о строении атмосферы, составе воздуха у земной поверхности, знать закономерности и причины изменения атмосферного давления при изменении высоты, иметь понятие о барическом поле, барическом градиенте.

4.1. Общие сведения

Атмосферным давлением называют гидростатическое давление, оказываемое атмосферным воздухом на все находящиеся в нем предметы. Предположение о наличии атмосферного давления было

сделано в первой половине XVII века Г. Галилеем и экспериментально подтверждено Э. Торричелли. Атмосферное давление в любой точке атмосферы определяется массой вертикального столба вышележащего воздуха, простирающегося до верхних пределов атмосферы. Каждый слой атмосферы испытывает давление вышележащих слоев и в свою очередь оказывает давление на нижележащие слои. Давление с высотой убывает, на высоте 5 000 м оно примерно в два раза меньше чем на уровне моря. Для сравнимости результаты систематических измерений давления на всех метеорологических станциях приводятся к давлению на уровне моря.

Кроме абсолютного значения атмосферного давления, на метеорологических станциях определяют значение и характер *барической тенденции*. Значение тенденции определяют по изменению давления за три часа между сроками наблюдений, а ее характер – по виду кривой регистрации или по результатам учащенных измерений давления. Значения и характеристика барической тенденции используются при прогнозировании атмосферных процессов.

Единицей давления в системе СИ является *Паскаль* (Па), однако до сего времени в метеорологии и некоторых других областях широко используются единицы давления *миллибар* и *миллиметр ртутного столба* (мбар, мм рт. ст.). Соотношение этих единиц:

$$1 \text{ Па} = 10^{-2} \text{ мбар} = 10^{-2} \cdot 0,75 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мбар} = 10^2 \text{ Па} (1 \text{ гПа}) = 0,75 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133,3224 \text{ Па} = 1,3332 \text{ мбар}.$$

Атмосферное давление в горизонтальном направлении распределяется неравномерно; характер этого распределения непрерывно меняется. В каждой точке давление испытывает также относительно небольшие периодические колебания. Но непериодические колебания достаточно велики. Так, на уровне моря давление может колебаться в пределах от 885 до 1 080 мбар (885–1 080 гПа).

В метеорологии атмосферное давление измеряется главным образом с помощью *ртутных барометров*. Ртутные барометры имеют существенные недостатки, в частности, связанные с применением ртути, поэтому в ряде случаев используют деформационные барометры разных типов. В некоторых условиях целесообразно пользоваться гипсотермометром (термобарометром). Для регистрации атмосферного давления применяют барографы с упругими чувствительными элементами.

4.2. Барометры ртутные

С момента изобретения Э. Торричелли барометра (1643 г.) его конструкция была значительно усовершенствована. В качестве жидкости используется ртуть, высокая плотность которой обеспечивает возможность создания жидкостных барометров минимальных габаритов.

Ртутные барометры могут быть трех систем (рис. 4.1). Принцип действия ртутного барометра легко понять из рисунка 4.1, *а*. Если стеклянную трубку длиной около 90 см, запаянную с одного конца, заполнить ртутью, а затем, прикрыв отверстие, опрокинуть и погрузить незапаянным концом в ртуть, налитую в чашку, то после открытия отверстия трубки ртуть из нее вытечет в чашку только частично. В трубке останется столб ртути высотой H . Очевидно, что давление этого столба ртути (предполагается, что трубка вертикальна) и давление оставшегося внутри трубки воздуха p уравнивают атмосферное давление p_a , оказываемое на поверхность ртути в чашке. Если трубка в достаточной мере вакуумирована ($p_a < 10^{-2}$ мбар), то давление, оказываемое ртутным столбом высотой H , равно атмосферному:

$$H\rho g = p_a,$$

где ρ – плотность ртути,

g – ускорение свободного падения.

Таким образом, измеряя H , при известных значениях ρ и g , определяют атмосферное давление p_a .

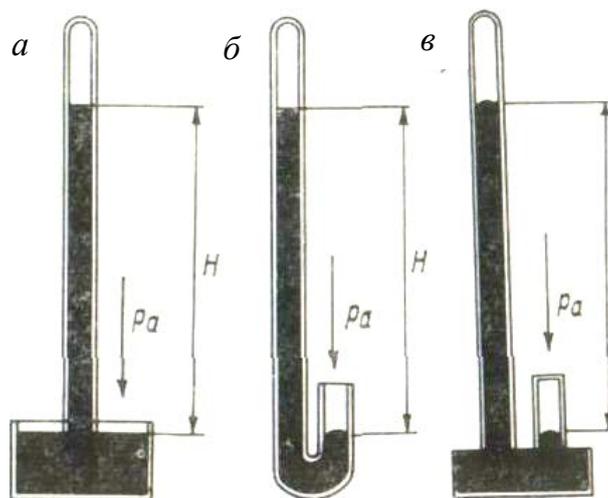


Рис. 4.1. Типы ртутных барометров:
а – чашечный; *б* – сифонный; *в* – сифонно-чашечный

Российская промышленность в настоящее время выпускает только чашечные и сифонно-чашечные барометры. Измерение атмосферного давления с их помощью сводится к определению с необходимой точностью высоты столба ртути H . Для обеспечения заданной точности измерения атмосферного давления измеряют высоту H с точностью до десятой, а в некоторых барометрах – до сотой доли миллиметра (шкала барометров чаще градуируется в других единицах давления, точность отсчета и в этих случаях близка к указанной). Такая точность обеспечивается применением точных шкал и нониусов, а также строгим соблюдением определенных правил измерения.

Барометр чашечный стационарный с компенсированной шкалой

Барометрическая трубка $б$ барометра чашечного стационарного с компенсированной шкалой – калиброванная стеклянная, запаянная с верхнего конца трубка с внутренним диаметром 7,2 мм. Ее длина составляет около 800 мм. Трубка заполнена очищенной ртутью под вакуумом (давление равно не больше 10^{-3} мбар) (рис. 4.2).

Трубка укреплена нижним концом в крышке пластмассовой или чугунной чашки 9 с помощью шайбы-втулки 10 с винтовой нарезкой. Чашка 9 состоит из трех свинчивающихся частей. Средняя часть 11 имеет диафрагму с отверстиями. Диафрагма исключает резкие колебания ртути в чашке (во время перевозки), при которых в барометрическую трубку может проникнуть воздух. Кроме того, диафрагма занимает некоторый объем, уменьшая необходимое количество ртути при заданном ее уровне в чашке. Барометр сообщается с атмосферой через резьбовое отверстие в крышке чашки, которое закрывается винтом 8 . При завинчивании винта кожаная шайба под его головкой прижимается к крышке чашки и отверстие плотно закрывается.

Измерение высоты ртутного столба производится по шкале, нанесенной у края сквозной вертикальной прорези в верхней части оправы 4 , с помощью нониуса 2 . Шкала наносится в пределах, в которых барометром данного типа производится измерение атмосферного давления. Шкала защищена от загрязнения стеклянной трубкой 3 . Пластинка нониуса находится в прорези. Она прикреплена к трубке (кольцу), вставленной внутрь оправы, и может перемещаться

с помощью кремальеры. При вращении рукоятки 5 кремальеры нониус перемещается вдоль прорези по шкале барометра. Нижний край пластинки нониуса совпадает с нулем шкалы нониуса.

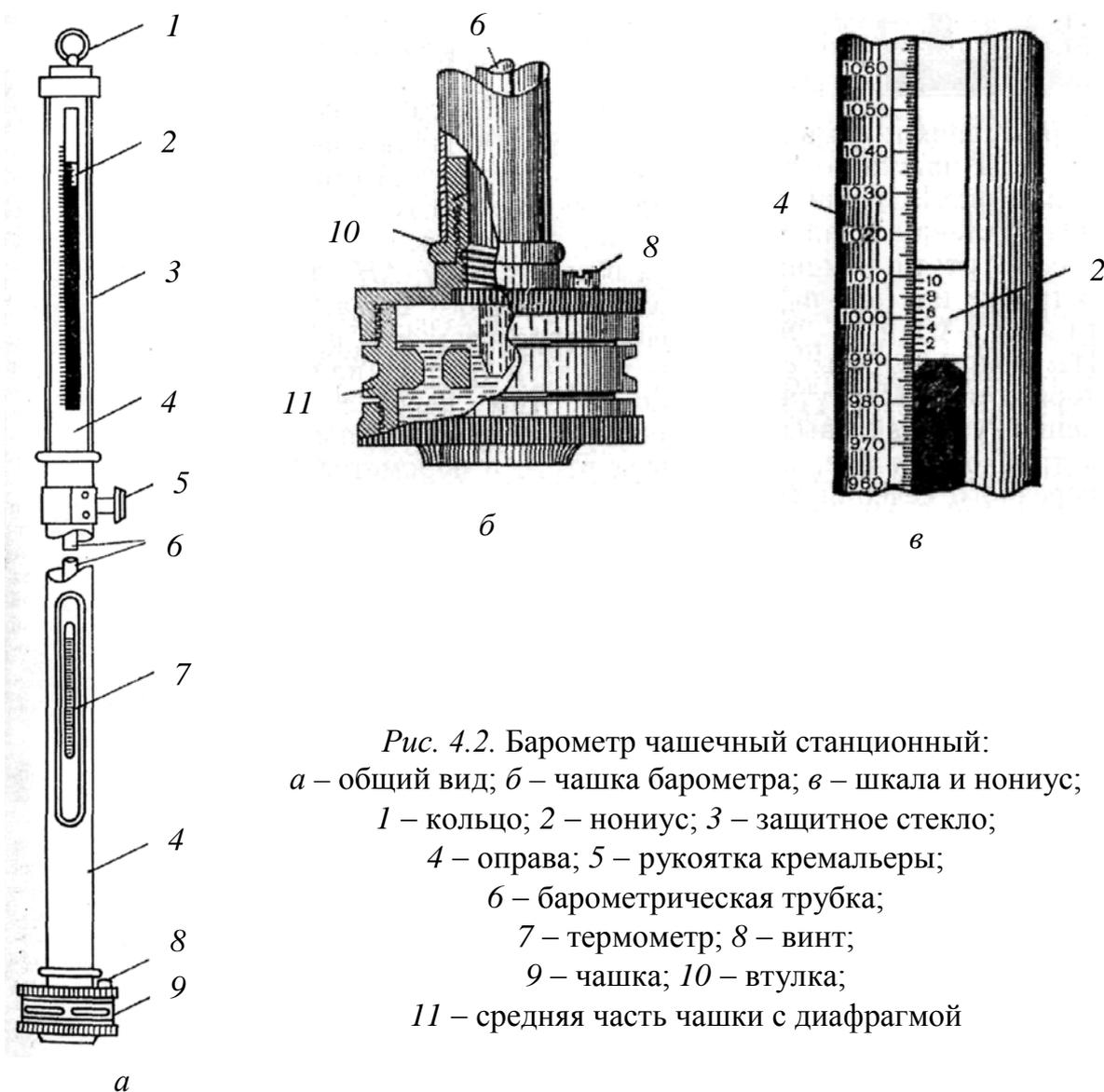


Рис. 4.2. Барометр чашечный стационарный:
 а – общий вид; б – чашка барометра; в – шкала и нониус;
 1 – кольцо; 2 – нониус; 3 – защитное стекло;
 4 – оправа; 5 – рукоятка кремальеры;
 б – барометрическая трубка;
 7 – термометр; 8 – винт;
 9 – чашка; 10 – втулка;
 11 – средняя часть чашки с диафрагмой

При производстве измерений визирная линия должна проходить через нуль нониуса и касаться вершины мениска ртути (рис. 4.3, а, б).

Десять делений нониуса равны 19 делениям шкалы барометра, что позволяет производить отсчеты с точностью до десятой доли цены деления шкалы (число десятых долей определяется по номеру деления нониуса, совпадающего с делением шкалы).

Для определения температуры барометра (что необходимо для введения поправки в его показания) служит термометр 7, укрепленный

у прорези в нижней части барометра. Цена деления термометра – 1 °С, но отсчитывать температуру следует с точностью до 0,1 °С.

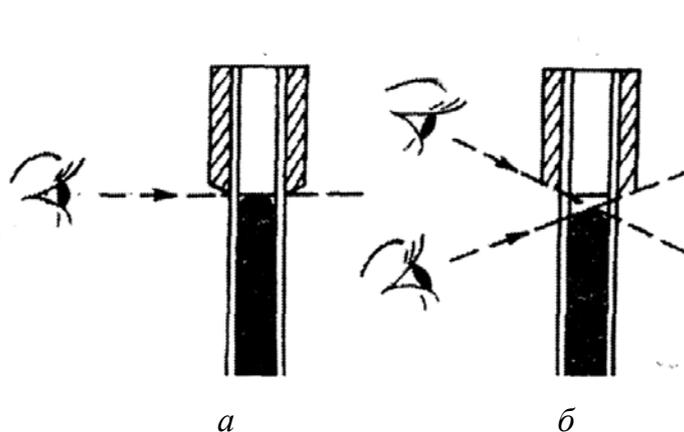


Рис. 4.3. Положение глаза при отсчете по барометру: правильное (а) и неправильное (б)

При измерении давления с помощью стационарного чашечного барометра достаточно определить по его шкале положение мениска ртути в трубке, не определяя уровень ртути в чашке, хотя при изменении давления он также меняется и совпадает с нулем шкалы только при одном значении давления H_0 . Изменение уровня ртути в чашке относительно нуля шкалы учитывается компенсированной шкалой барометра.

На метеостанции барометр помещают в специальный шкаф, который крепится к стене внутри помещения (устанавливать прибор на метеоплощадке нет необходимости, поскольку давление атмосферы в помещении будет точно таким же, как и на открытом воздухе). В шкафу барометр подвешивают за кольцо 1 (см. рис. 4.2) к специальному крюку с гайкой, прилагаемым к барометру. Барометр не должен подвергаться резким колебаниям температуры, поэтому шкаф с барометром нельзя помещать вблизи обогревательных систем и других источников тепла, оконных проемов и дверей; его следует также предохранять от попадания прямых солнечных лучей.

Производство измерений

Измерения по стационарному барометру производят в следующем порядке:

- 1) открывают шкаф и включают освещение;
- 2) отсчитывают температуру по термометру с точностью до десятых долей градуса, определяя последние на глаз;

3) слегка постукивают пальцем по оправе барометра, препятствуя сцеплению ртути со стенками трубки и придавая мениску ртути (в барометрической трубке) нормальную форму;

4) подводят нониус сверху до момента кажущегося касания его срезов вершины мениска ртути в барометрической трубке. При этом глаз должен находиться на визирной линии, проходящей через нуль нониуса и задний срез кольца нониуса (рис. 4.3, а);

5) отсчитывают показания барометра.

В результате измерения вносят поправки на систематические погрешности. После отсчета нониус не смещают. Это дает возможность каждый раз проверять результат предыдущего измерения (и обнаружить грубые просчеты, если они имели место).

Перевозка стационарного барометра

При перевозке или переноске барометра требуется строго соблюдать определенные правила. Барометр заранее готовят к перевозке, для этого следует:

1) завинтить винт δ (см. рис. 4.2) в крышку чашки барометра до упора;

2) снять барометр с подвешного крюка;

3) плавно наклонить барометр настолько, чтобы ртуть заполнила всю барометрическую трубку; при этом происходит удар ртути о верхний запаянный конец барометрической трубки, поэтому наклонять барометр следует осторожно, так как при резком ударе трубка может разбиться. Попутно по характеру звука, сопровождающему удар ртути, рекомендуется определить сохранность вакуума в барометрической трубке. Если звук высокий (металлический), вакуум сохранился; если звук низкий (приглушенный), то в трубку попал воздух (он выполняет роль амортизатора).

Вычисление результатов измерений по барометрам

В отсчет по барометру вводятся две поправки: постоянная поправка, слагающаяся из двух поправок – инструментальной и на силу тяжести, а также поправка на приведение показаний барометра к температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Поправка на силу тяжести, определяемая в зависимости от широты и высоты места, с изменением давления меняется незначительно, поэтому ее вычисляют для данной станции по среднегодовому значению давления и, суммируя с инструментальной поправкой, получают постоянную поправку. Эту поправку определяют местные УГМС для каждого барометра на станции.

4.3. Барометры деформационные

Принцип действия деформационных барометров основан на зависимости упругой деформации твердых тел от оказываемого на них давления. В качестве первичных преобразователей для этих барометров применяют элементы особой формы и конструкции, чувствительные к изменению давления и преобразующие его в линейное перемещение или силу (усилие). Наиболее распространенными из них являются вакуумированные мембранные коробки (барокоробки), блоки из них (бароблоки) и сильфоны, изготавливаемые из стали, бронзы и их сплавов с другими металлами.

Барокоробка (рис. 4.4) состоит из двух спаянных или сваренных по периметру круглых мембран *1* (диаметром 30–80 мм), имеющих жесткие центры *2* с крепежными ножками *3*. Из отдельных коробок, скрепляемых между собой винтовыми соединениями ножек, собираются бароблоки. Чувствительность бароблока равна суммарной чувствительности составляющих его коробок.

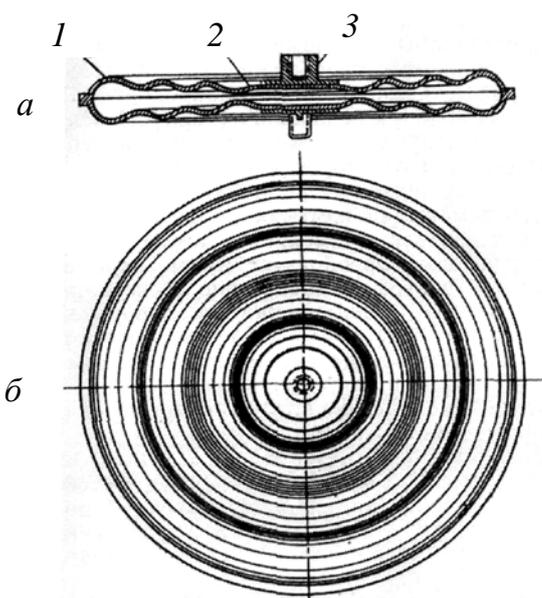


Рис. 4.4. Барокоробка: *а* – разрез; *б* – вид сверху;
1 – мембрана; *2* – центр мембраны; *3* – крепежная ножка

Сильфон (рис. 4.5) представляет собой тонкостенную гофрированную трубку *3*, закрытую с обоих концов впаянными (сваренными) дисками *2*. В центре дисков имеются крепежные ножки *1*. Внутренняя полость барокоробок и сильфонов вакуумируется (через отверстие в одной из ножек, которое затем заваривается или запаивается).

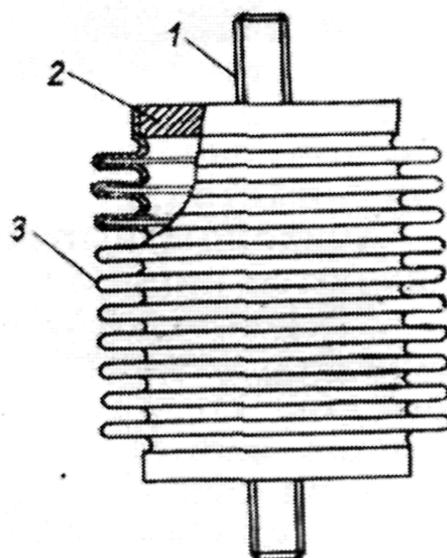


Рис. 4.5. Сильфон:
1 – крепежная ножка; 2 – диск; 3 – гофрированная трубка

Барокоробка в качестве преобразователя давления в линейное перемещение (деформация) действует следующим образом. Внешнее (атмосферное) давление на мембраны, направленное на сжатие коробки, уравнивается силой упругой деформации мембран или, если они недостаточно упруги, силой дополнительной измерительной пружины.

При изменении давления равновесие нарушается, мембраны (и пружина при ее наличии) деформируются до положения, при котором равновесие восстанавливается; происшедшее при этом перемещение жестких центров мембран коробки относительно друг друга может служить мерой изменения атмосферного давления.

Барокоробка может служить преобразователем давления в силу. При этом жесткие центры мембран не должны смещаться относительно друг друга, а изменение давления на мембраны компенсируют соответствующим изменением натяжения измерительной пружины, связанной с жесткими центрами мембран. В данном случае применен метод силовой компенсации, при котором сила натяжения пружины является мерой измеряемого давления (его изменения).

В наиболее широко применяемых деформационных *барометрах-анероидах* в качестве первичных преобразователей используются барокоробки и бароблоки. Бароблок (или барокоробка) крепится одной из свободных ножек к основанию (корпусу) анероида. На этом же основании монтируется его вторичный преобразователь, который связывается со второй свободной ножкой бароблока.

В анероидах, основанных на принципе измерения деформации (линейного перемещения жестких центров), в качестве вторичного преобразователя применяется передаточно-множительный механизм, который преобразует малые перемещения свободного жесткого центра относительно основания в достаточно большие угловые перемещения указывающей стрелки анероида.

В анероидах, основанных на принципе силовой компенсации, вторичный преобразователь построен по схеме динамометра. Анероиды выпускаются нескольких конструкций. Здесь описываются наиболее распространенные из них.

*Анероид БАММ**

Бароблок 2 одной из крепежных ножек с помощью пластины прикреплен к стойкам 16 (рис. 4.6, 4.7). Вторая свободная ножка шарнирно соединена с помощью жесткой тяги 3 с плечом 4 рычага (4, 8), закрепленного на оси 5, которая служит ему опорой. Второе плечо 8 рычага (4, 8) связано пластинчато-шарнирной цепочкой 10 с роликом 12, насаженным на ось 11 стрелки 7.

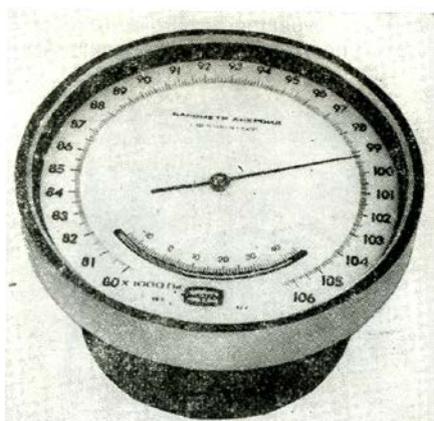


Рис. 4.6. Барометр-анероид БАММ

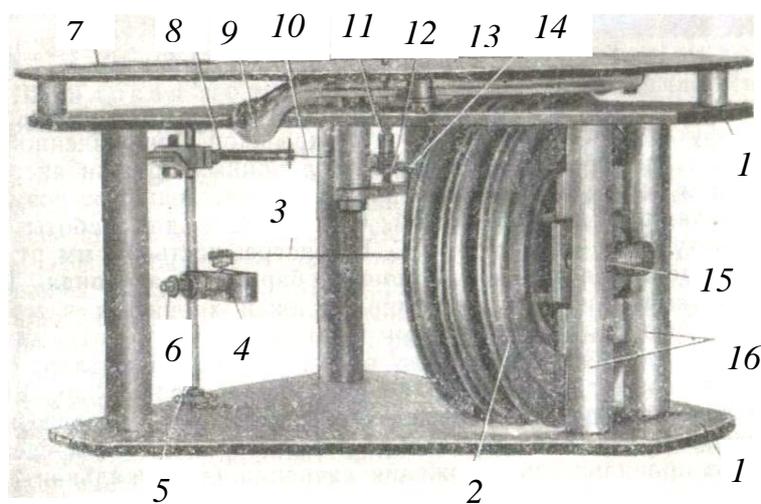


Рис. 4.7. Механизм барометра-анероида БАММ:
1 – плата; 2 – бароблок; 3 – тяга; 4, 8 – плечи рычага;
5 – ось; 6, 15 – регулировочные винты; 7 – стрелка;
9 – термометр; 10 – шарнирная цепочка;
11 – ось стрелки; 12 – ролик; 13 – шкальная плата;
14 – спиральная пружина; 16 – стойки

Спиральная пружина (волосок) 14, связанная с осью 11, поддерживает цепочку 10 в натянутом состоянии, выбирая тем самым люфты в соединениях механизма. К верхней плате 1 с помощью втулок

* БАММ – барометр-анероид Маклакова и Мануйлова.

и винтов прикреплена шкальная пластина 13, в центре которой имеется отверстие для выхода конца оси 11. На конец оси 11 насажена стрелка 7. К нижней стороне шкальной пластины прикреплен дугообразный ртутный термометр 9, который виден через прорезь пластины. На верхней стороне шкальной пластины нанесены шкалы: по окружности – шкала давления (в мм рт. ст. или в Па), а у края дуговой прорези – шкала температуры (в °С).

При повышении давления бароблок сжимается, передаточный механизм поворачивает стрелку и дополнительно заводит волосок. При уменьшении давления бароблок растягивается и передаточный механизм работает в направлении, при котором натяжение цепочки 10 ослабляется; натяжение цепочки (выборка люфта) и поворот стрелки происходят под воздействием волоска.

Регулировка чувствительности анероида при его настройке и проверке осуществляется путем изменения с помощью винта 6 соотношения длин плеч 4 и 8 рычага, а установка показаний анероида по показаниям образцового прибора осуществляется винтом 15, при вращении которого бароблок перемещается вдоль своей оси.

Анероиды имеют некоторые преимущества перед ртутными барометрами (малые габариты и масса, отсутствие токсичной ртути, удобство транспортировки). Однако их недостаточная точность и изменение инструментальной погрешности в процессе эксплуатации не позволяют использовать анероиды в качестве основного прибора для измерения давления на метеорологических станциях. Они применяются в тех случаях, когда измерение давления допустимо с погрешностью более 1 мбар (на некоторых постах, в отдельных экспедициях и др.).

Барограф

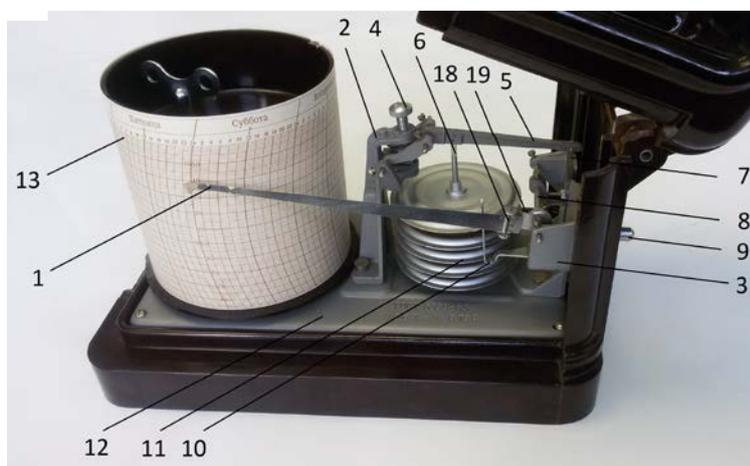
Для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления на метеорологических станциях применяются несколько конструкций барографа, отличающихся главным образом внешним оформлением.

Барограф размещен в пластмассовом корпусе (рис. 4.8). К нижней раме корпуса с помощью четырех винтов прикреплено основание – металлическая плата 12, на которой смонтирован весь механизм прибора (рис. 4.9, а). Чувствительный элемент – блок барокоробок 11 нижним концом с помощью биметаллического компенсатора крепится к плате 12. Верхний конец бароблока с помощью упора 6 и передаточной системы связан со стрелкой 1. Передаточная система состоит из рычага 5 с шарниром, расположенным в подвижном кронштейне 3,

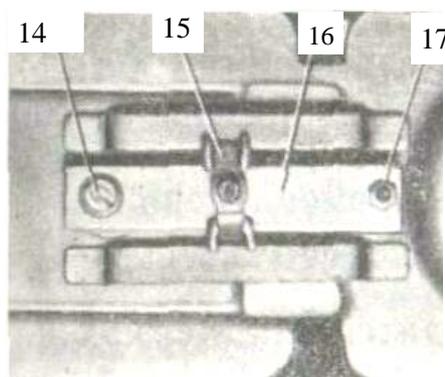
тяги 7 и регулируемого рычага, имеющего общую ось 8 со стрелкой 1 и закрепляемого винтом. Меняя с помощью этого винта длину рычага, можно регулировать чувствительность барографа. Передаточный коэффициент механизма составляет около 80.



Рис. 4.8. Барограф (общий вид)



а



б

Рис. 4.9. Механизм барографа (*а*) и биметаллический термокомпенсатор (*б*):

1 – стрелка; 2, 3 – кронштейны; 4 – винт; 5 – рычаг, 6 – упор; 7 – тяга; 8 – ось стрелки; 9 – кнопка; 10 – рукоятка упора; 11 – бароблок; 12 – плата; 13 – барабан с лентой; 14 – винт; 15 – скоба; 16 – биметаллическая пластина; 17 – винт; 18 – ось шарнира; 19 – шарнир

Положение подвижного кронштейна, имеющего шарнир в кронштейне 2, фиксируется сверху винтом 4 и снизу упорной пружиной. С помощью винта 4, расположенного в верхней части кронштейна 2, можно перемещать подвижный кронштейн вокруг его шарнира, тем самым перемещая всю систему рычагов (не деформируя коробки) и устанавливая конец стрелки 1 с пером в нужное положение относительно делений на ленте (надетой на барабан часового механизма) в соответствии с атмосферным давлением. Рукоятка упора 10 позволяет отводить перо. При повышении атмосферного давления барокоробки сжимаются и через рычажную систему поворачивают стрелку, перемещая ее кверху. При понижении атмосферного давления коробки под воздействием упругих сил мембран расширяются, и стрелка перемещается вниз.

Чувствительность бароблока зависит от изменения температуры (упругости мембран). Для исключения влияния температуры на показания барографа применяется термокомпенсатор (рис. 4.9, б). Он представляет собой биметаллическую пластину 16, с одного конца укрепленную винтом 14 с гайкой к нижней стороне основания 12; на другом ее конце винтом 17 укреплен бароблок.

Кроме этого, пластина 16 скрепляется с основанием 12 подвижной скобой 15 и винтом. Устанавливая скобу 15 ближе или дальше от бароблока (винта 17), соответственно укорачивают или удлиняют свободно действующий конец пластины 16; уменьшая или увеличивая перемещение бароблока при изменении температуры, добиваются температурной компенсации. Регистрация давления производится на специальных накладываемых на барабан часового механизма лентах.

Барограф следует устанавливать на отдельной полочке в помещении метеостанции, укрепленной на стене недалеко от ртутного барометра. Его нельзя подвергать сильным температурным колебаниям, так как, несмотря на температурную компенсацию, это может сказаться на его записях. Поэтому барограф нельзя устанавливать вблизи отопительных батарей, оконных проемов, в местах, куда могут попасть лучи Солнца.

Барографы в зависимости от подкладной шестерни и приданного им часового механизма могут быть суточными и недельными. Ленты барографа (рис. 4.9, а) разграфлены через равные промежутки горизонтальными линиями, а по вертикали – через равные промежутки дугами. Горизонтальные линии образуют шкалу давления в миллибарах, вертикальные дуги – шкалу времени.

Шкала давления на ленте имеет пределы от 960 до 1 050 мбар; деления нанесены через каждые 2 мбар и оцифрованы через каждые 10 мбар. По шкале времени цена делений между соседними дугами составляет 15 мин для суточного барографа и 2 часа для недельного.

Установка ленты на барографе производится так же, как на термографе. Контрольные отметки на ленте барографа делаются при производстве измерений давления по барометру в основные сроки наблюдений. Исправленные показания барометра являются исходными при обработке лент для введения поправок к данным по записи барографа. В остальном обработка не отличается от обработки лент термографа.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое атмосферное давление, в каких единицах оно измеряется?
2. Какие виды ртутных барометров вы знаете?
3. На чем основан принцип действия ртутных барометров?
4. На чем основан принцип действия деформационных термометров?
5. Чем барографы отличаются от барометров?
6. Переведите в миллибары атмосферное давление 547,6; 685,4; 785,7 мм рт. ст.

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст]. – Вып. 3. Ч. 1 // Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.
4. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения [Текст] / М.С. Стернзат. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 «Измерение влажности воздуха»

Цель работы – изучить методы и приборы для измерения влажности воздуха.

Задание – законспектировать материал, зарисовать приборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо знать показатели, характеризующие влажность воздуха, роль водяного пара в различных атмосферных и биологических процессах.

5.1. Общие сведения

Под *влажностью* воздуха (влажностью) подразумевают содержание водяных паров в воздухе. Содержание водяного пара в воздухе может оцениваться многими величинами: абсолютной и относительной влажностью, упругостью водяного пара, точкой росы, дефицитом влажности и др.

Абсолютная влажность a – это количество водяного пара в граммах, содержащееся в одном кубическом метре воздуха (г/м^3).

Упругость водяного пара e , находящегося в воздухе, или парциальное давление водяного пара воздуха, выражается в миллибарах (мбар) или в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Абсолютная влажность (в г/м^3) и упругость водяного пара воздуха (в мбар) связаны выражением:

$$a = 217 \frac{e}{T} \quad (5.1)$$

или

$$a = \frac{0,8e}{1 + at}, \quad (5.2)$$

где T и t – температура водяного пара (воздуха) в К и температурный коэффициент объемного расширения пара.

При данной температуре воздуха и данном давлении упругость водяного пара e не может быть больше некоторого максимального количества водяных паров упругости E – упругости пара, насыщающего пространство.

Относительная влажность воздуха f – отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости водяного пара, насыщающего пространство при температуре t , выраженное в процентах:

$$f = \frac{e}{E} 100\%. \quad (5.3)$$

Дефицит упругости водяного пара (влажности) d – разность между максимально возможной упругостью водяного пара при данной температуре и упругостью водяного пара, находящегося в воздухе:

$$d = E - e. \quad (5.4)$$

Точка росы t_d – температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе, достигает состояния насыщения при неизменном давлении, т. е. $e = Et_d$.

Удельная влажность q – масса водяного пара, содержащегося в одном килограмме влажного воздуха (г/кг):

$$q = \frac{622e}{p - 0,378e}, \quad (5.5)$$

где p – давление атмосферы.

Так как $p > 0,378 e$, то с достаточной точностью

$$q = \frac{622e}{p}. \quad (5.6)$$

В практике метеорологических измерений приходится встречаться в первую очередь с парциальным давлением водяного пара e , относительной влажностью воздуха f , точкой росы t_d и дефицитом влажности d .

Наиболее распространенными методами измерения влажности воздуха являются *психрометрический* и *гигрометрический*. Наиболее распространенными приборами для измерения влажности воздуха являются психрометры и волосные гигрометры. Однако они не полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к приборам для

измерения влажности, особенно при отрицательной температуре воздуха. Поэтому ведутся поиски новых методов измерения влажности воздуха. Например, разработаны принципиально иные типы гигрометров: гигрометр точки росы, электролитический с подогревом, кулонометрические гигрометры, диффузионный амперометрический гигрометр, сорбционный электрогигрометр, гигрометр сорбционный оксидно-алюминиевый.

В используемых приборах с первичными преобразователями измеряемыми входными величинами являются дефицит влажности $(E - e)$, относительная влажность f и точка росы t_d . Однако из-за тесной взаимосвязи всех величин, характеризующих влажность воздуха, не всегда легко определить, какая именно из них является входной для того или иного измерителя влажности.

5.2. Психрометрический метод. Психрометры

Психрометрический метод широко применяется при измерении влажности воздуха и является основным в метеорологии. Он основан на зависимости интенсивности испарения с водной поверхности от дефицита влажности соприкасающегося с ней воздуха. Влажность при этом измеряется косвенным определением интенсивности испарения путем измерения понижения температуры тела, с поверхности которого происходит испарение за счет затраты тепла тела на испарение воды.

Приборы, которые применяются при измерении влажности воздуха психрометрическим методом, называются *психрометрами*. Психрометры содержат два термометра. Одним измеряют температуру тела, с поверхности которого происходит испарение воды, а другим – температуру окружающего воздуха.

В качестве испаряющей поверхности используется поверхность с нейтральным гигроскопическим покрытием, которое постоянно или перед измерением смачивается дистиллированной водой. Эта поверхность является конструктивным элементом первичного преобразователя термометра, по которому определяется температура тела с испаряющей поверхностью. Этот термометр психрометра называют «смоченным», а второй термометр, служащий для определения температуры воздуха, называют «сухим».

Психрометры делятся на стационарные и аспирационные.

Стационарный психрометр

Этот психрометр состоит из двух психрометрических термометров, установленных на штативе (см. рис. 4.1), и стаканчика для дистиллированной воды. Резервуар правого термометра обвязывается кусочком тонкой полупрозрачной хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения – батистом, конец которого погружают в воду, заполняющую стаканчик.

Стаканчик устанавливают в кольце держателя так, чтобы закрывающая его крышка была на 2–3 см ниже резервуара термометра (рис. 5.1). При этом обеспечивается поступление воды к поверхности резервуара по батисту и в то же время создается возможность свободного обмена воздуха в резервуаре, исключая возможность концентрации около него водяного пара и, следовательно, уменьшения испарения с его поверхности. Крышка стаканчика имеет прорезь, что позволяет снимать ее, не вытягивая конец батиста из воды (стаканчика). Термометры для психрометра подбирают парами с возможно более близкими характеристиками (по габаритам, размещению делений шкал, инерции, ходу поправок и другим параметрам). Для психрометров следует применять только специальный сорт батиста (которым комплектуются психрометры). Другая ткань может не обладать необходимыми гигроскопическими свойствами, из-за чего могут возникнуть дополнительные погрешности.

Батист должен плотно прилегать к резервуару термометра и покрывать его только одним слоем. Поэтому используют полоски батиста определенных размеров; их ширина позволяет обернуть резервуар только один раз, а края батиста могут заходить друг за друга не более чем на $\frac{1}{4}$ резервуара. Повязку батиста удобно делать, заложив, например, термометр в книгу так, чтобы он выступал из нее резервуаром на 5–10 см. Книгу с термометром укладывают на стол. Смочив батист дистиллированной водой, его плотно обертывают вокруг резервуара термометра так, чтобы один край (по длине) наверху батиста выступал на 2–3 мм выше резервуара термометра, а вся остальная длина оказалась ниже резервуара (рис. 5.2, *a*). Затем, приготовив из ниток две петли, одной затягивают батист на верхней части резервуара, а вторую петлю надевают на середину резервуара и постепенно стягивают ее (резервуар шарообразный) под его нижний конец, не слишком сильно затягивая (чтобы не ухудшить поступление воды в верхнюю часть батиста).

Необходимо следить за тем, чтобы батист всегда был чистым, мягким и влажным. Загрязненный батист плохо впитывает воду,

поэтому необходимо менять его не реже двух раз в месяц. В местностях с большой запыленностью воздуха следует особенно внимательно следить за состоянием батиста и менять его по мере загрязнения.

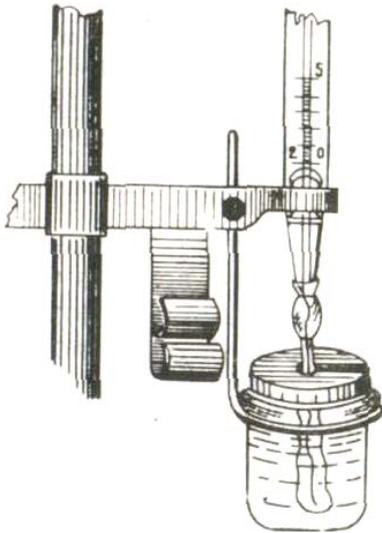


Рис. 5.1. Психрометрический стаканчик на штативе

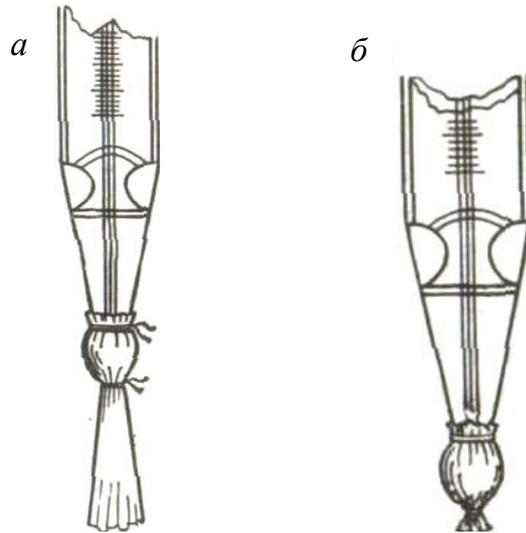


Рис. 5.2. Обвязка резервуара смоченного термометра батистом при положительной (а) и отрицательной (б) температурах

В таких местностях, чтобы по возможности предохранить батист от загрязнения, между сроками наблюдения шарик смоченного термометра, обвязанный батистом, можно держать погруженным в стаканчик с водой. За 15 мин до измерений стаканчик устанавливают в нормальное положение (на 2–3 см ниже резервуара термометра).

Вода, применяемая для смачивания, должна быть дистиллированной (присутствие различных веществ, растворенных в воде, может влиять на скорость испарения).

Измерения с помощью психрометра

Для обеспечения достаточной точности определения относительной влажности с помощью психрометра ошибка в разности отсчетов по термометрам должна быть не более 0,1 °С. Это требует строгого соблюдения при измерениях определенных правил. Батист термометра должен быть хорошо смочен за 10–15 мин до отсчета, для чего лучше всего, сняв крышку, поднять стаканчик с водой и погрузить в воду шарик термометра, затем снова поместить стаканчик на прежнее место. Отсчеты по термометрам должны производиться как можно быстрее.

Измерения по психрометру при морозах

При температурах ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ максимальная упругость водяного пара имеет весьма малые значения, вследствие чего относительно небольшая ошибка в определении температуры по сухому и смоченному термометрам вызывает большую ошибку в определении влажности. Поэтому при определении влажности по психрометру при температуре ниже нуля необходимо точно выполнять правила эксплуатации психрометра.

С наступлением первых заморозков батист смоченного термометра обрезают непосредственно под шариком (рис. 5.2, б), а психрометрический стаканчик убирают из будки. За полчаса до наблюдения стаканчик с дистиллированной водой комнатной температуры приносят в психрометрическую будку и погружают шарик термометра, обернутый батистом, в воду. При этом наблюдают за показаниями термометра. Необходимо дождаться, чтобы температура у смоченного термометра поднялась на $2\text{--}3\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше нуля. Это будет служить доказательством, что вся старая ледяная корка на батисте растаяла. После этого убирают стаканчик и снимают каплю воды, образующуюся на конце батиста, коснувшись ее краем стаканчика. Будку закрывают и через 30 мин производят отсчет.

При температуре ниже нуля приходится решать вопрос о том, в каком состоянии находится вода на батисте термометра – в твердом (лед) или в жидком (переохлажденная вода). Зрительно определить это весьма трудно. Между тем для исчисления влажности это необходимо знать, так как максимальная упругость водяного пара при одной и той же отрицательной температуре различна над переохлажденной водой и над льдом: давление водяного пара над льдом меньше, чем над переохлажденной водой (прил. 5). После производства отсчетов следует установить, обмерз или остался мягким батист на резервуаре термометра (потрогав его), и учесть это при вычислениях.

Отсчеты по психрометру при отрицательных температурах следует производить с большой тщательностью. Нужно следить за тем, чтобы во время отсчетов показания термометров были установившимися, а на резервуаре сухого термометра не было льда или изморози, а батист у смоченного термометра был пропитан переохлажденной водой либо покрыт равномерно тонкой корочкой льда. При соблюдении этих условий можно получить надежные данные по психрометру для определения влажности при температурах до минус $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В некоторых случаях при отрицательных температурах (когда на батисте имеется лед) показания смоченного термометра бывают выше

показаний сухого термометра (иногда на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это объясняется тем, что водяной пар, находящийся в воздухе, может не достигать состояния насыщения над поверхностью воды (по отношению к «воде»), но в то же время он уже перенасыщен по отношению ко «льду», который находится на батисте смоченного термометра. Поэтому водяной пар, находящийся в воздухе, начнет конденсироваться на поверхности льда смоченного термометра и при этом выделять тепло, которое и повысит температуру (показания) смоченного термометра.

Так, например, при температуре воздуха минус $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности e , равной 2,8 мбар, относительная влажность по отношению к воде равна 98 %, следовательно, водяной пар над водой еще не достиг состояния насыщения, а надо льдом (при температуре минус $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) $e = 2,60$ мбар (прил. 5). Следовательно, при влажности воздуха 2,8 мбар водяной пар будет перенасыщать пространство над ледяной поверхностью. Вычисление упругости водяного пара и относительной влажности по показаниям психрометра может быть произведено с помощью психрометрических таблиц.

Гигрометр психрометрический ВИТ-1

Гигрометр психрометрический ВИТ-1 – прибор для измерения относительной влажности и температуры воздуха внутри помещений (рис. 5.3, 5.4).

Принцип действия гигрометра психрометрического основан на определении относительной влажности воздуха с помощью психрометрической таблицы по значению показаний «сухого» термометра и разнице показаний «сухого» и «влажного» термометров. Диапазон измерения относительной влажности воздуха – от 20 до 90 % при температуре от 5 до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цена деления шкалы составляет $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Данную модель прибора более предпочтительно использовать, если температура воздуха в месте его установки в течение всего периода измерений находится в интервале от $+5$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для помещений, в которых температура воздуха варьирует от $+20$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, рекомендуется использовать прибор ВИТ-2.

Конструкция психрометра состоит из пластмассового основания, на котором закреплены температурная шкала с двумя капиллярами, резервуар одного из которых увлажняется фитилем из ткани, опущенным в стеклянный питатель с водой, и психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха по разнице показаний «сухого» и «увлажненного» термометров.

Питатель закреплен с внутренней стороны пластикового основания. Термометрическая жидкость – толуол.

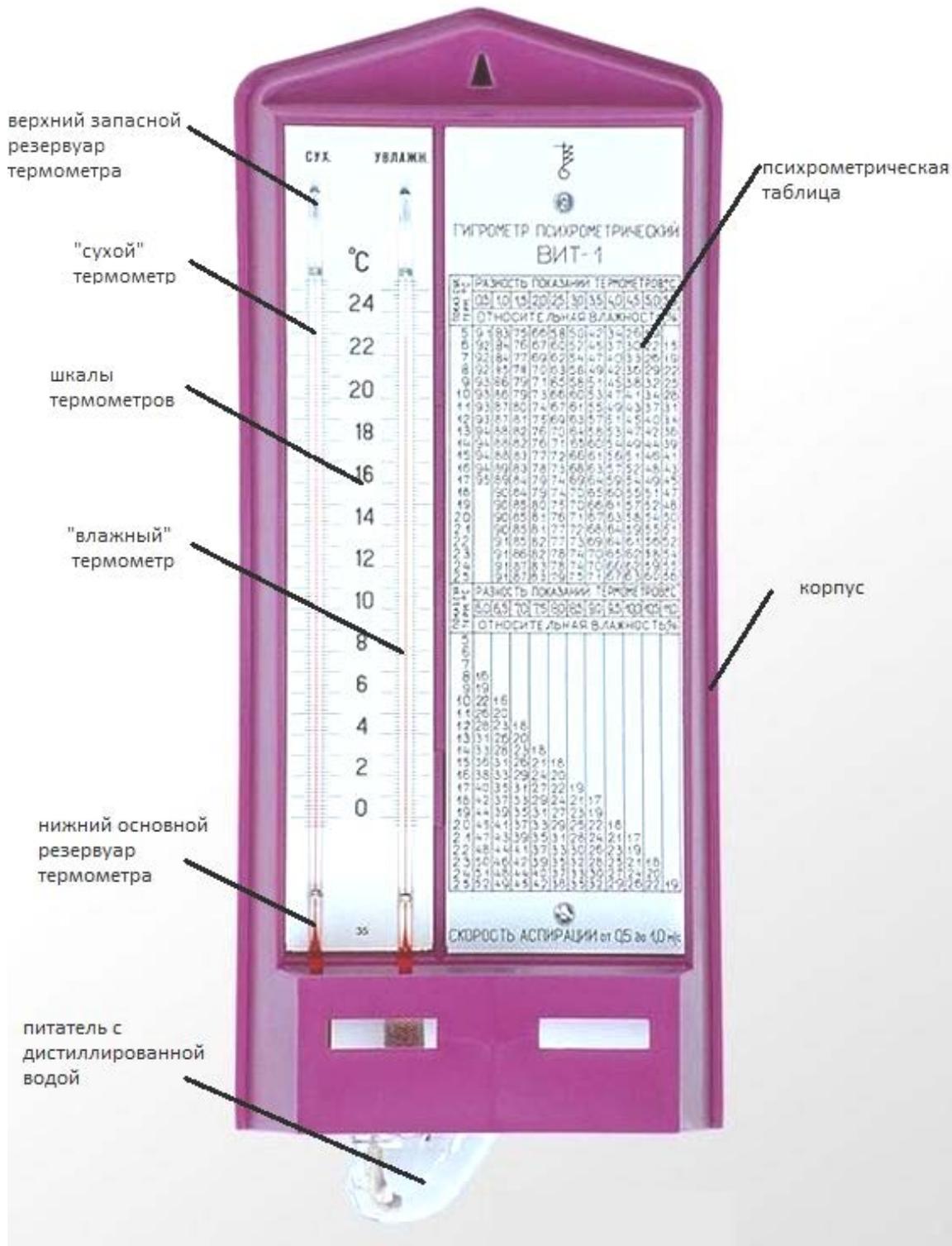


Рис. 5.3. Психрометр гигрометрический ВИТ-1. Общий вид прибора

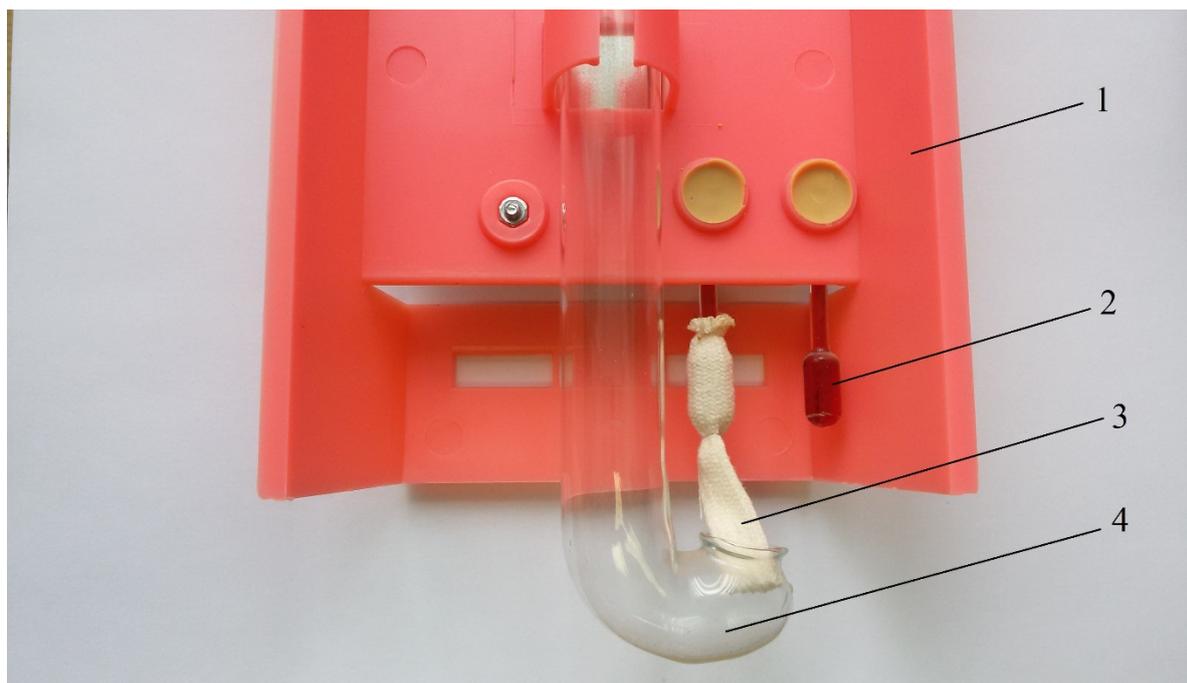


Рис. 5.4. Психрометр гигрометрический ВИТ-1.
 Вид прибора со стороны питателя и резервуаров термометров
 1 – корпус, 2 – нижний резервуар «сухого» термометра,
 3 – фитиль «влажного» термометра, 4 – питатель

Гигрометр подлежит проверке при выпуске из производства. При эксплуатации гигрометр подлежит периодической проверке или калибровке в зависимости от области применения. Межповерочный интервал – не более 2 лет.

Для смачивания фитиля предпочтительно использовать дистиллированную воду.

На пластмассовом основании прибора закреплены два термометра, температурная шкала, психрометрическая таблица и стеклянный питатель. Один из термометров остаётся сухим, капилляр другого термометра – влажным. Утолщение капилляра «влажного» термометра, где находится основной объём термометрической жидкости, помещено в специальный трубчатый тканевый материал (фитиль), который хорошо впитывает воду. Второй конец фитиля помещают на несколько сантиметров в открытый конец изогнутой стеклянной трубки (питатель), в которую налита вода.

Весь фитиль оказывается смоченным и под воздействием циркуляции воздуха вода испаряется и охлаждает колбу капилляра. За счёт этого показания «сухого» и «влажного» термометров отличаются. Это и является ключевым моментом для определения относительной

влажности воздуха. Далее остаётся только считать показания «сухого» термометра и определить разницу показаний между «сухим» и «влажным» термометром.

Подготовка прибора заключается в следующем. Питатель снимается с основания, заполняется дистиллированной водой. Заполнение производится путем погружения питателя в сосуд с водой запаянным концом вниз. Затем питатель устанавливается на основании таким образом, чтобы от края открытого конца питателя до резервуара термометра было расстояние не менее 20 мм, а фитиль не касался стенок открытого конца питателя.

Перед установкой питателя в рабочее положение нужно смочить фитиль и резервуар «увлажнённого» термометра водой из питателя и установить гигрометр в вертикальном положении на уровне глаз работающего с ним. В месте установки гигрометра должны отсутствовать вибрации, источники тепла или холода, создающие разницу температур между нижним, основным резервуаром и верхним запасным более чем в 2 °С.

Психрометрическая таблица, установленная на основании гигрометра, действительна для определенной скорости вертикальных воздушных потоков (скорости аспирации), омывающих гигрометр. Скорость аспирации не должна превышать 1 м/с, иначе разница показаний «сухого» и «влажного» термометра будет больше. Таким образом получится заниженная относительная влажность воздуха, поэтому перед измерением относительной влажности следует измерить скорость аспирации непосредственно под гигрометром с помощью анемометра. Минимальное время выдержки гигрометра в измеряемой среде должно составлять 30 мин.

При снятии показаний глаз работающего должен находиться на уровне мениска жидкости.

Температуру определяют по термометрам с точностью до 0,1 °С, введя к отсчитанным показаниям поправки, приведенные в паспорте на гигрометр. Поправку необходимо выбирать для той калибруемой отметки, которая является ближайшей к измеренному значению.

При отсутствии в паспорте прибора поправок для отсчетов по «сухому» и «увлажненному» термометрам их вычисляют линейным интерполированием по таблице 5.1. Поправки вводятся путем алгебраического сложения с отсчетами по термометрам. Далее вычисляется разность температур по «сухому» и «увлажненному» термометрам.

Таблица 5.1

Поправки к показаниям термометров
гигрометра психрометрического ВИТ-1

Калибруемые отметки, °С	Поправки для термометров на калибруемых отметках, °С	
	«Сухой»	«Влажный»
1	2	3
0	-0,1	0
10	0	+0,1
15	0	0
20	0	0
25	0	0

Относительную влажность воздуха можно определить по психрометрической таблице, прикреплённой прямо на корпусе прибора, в точке пересечения текущей температуры «сухого» термометра и разницы температур между «сухим» и «влажным» термометрами (табл. 5.2).

Искомая относительная влажность находится по данной таблице на пересечении строк температуры по «сухому» термометру и разности температур по «сухому» и «увлажненному» термометрам. При отсутствии в таблице полученной разности температур по «сухому» и «увлажненному» термометрам для определения влажности применяется интерполирование. Для значений температуры по «сухому» термометру с точностью до десятых долей градуса при определении влажности применяется интерполирование.

В процессе эксплуатации прибора питатель всегда должен быть заполнен дистиллированной водой по ГОСТу 6709-72. Воду следует дополнять заблаговременно, лучше всего сразу после проведения измерений или не менее чем за 30 минут до начала следующих измерений влажности. Фитиль на резервуаре «увлажненного» термометра должен быть всегда чистым, мягким и влажным. При запыленности воздуха до 5 мг/м^3 фитиль необходимо менять 1 раз в две недели, при большей запыленности – по мере загрязнения фитиля.

Таблица 5.2

Пример вычисления относительной влажности воздуха по психрометрической таблице

Показания сух. терм., °С	РАЗНОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ТЕРМОМЕТРОВ, °С																					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ, %																						
5	91	83	75	66	58	50	42	34	26	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	92	84	76	67	60	52	45	37	30	22	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	92	84	77	69	62	54	47	40	33	26	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	92	85	78	70	63	56	49	42	36	29	22	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	93	86	79	71	65	58	51	45	38	32	25	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	93	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11	93	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	93	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18	–	–	–	–	–	–	–	–
13	94	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20	–	–	–	–	–	–	–	–
14	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18	–	–	–	–	–	–	–
15	94	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18	–	–	–	–	–	–
16	94	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20	–	–	–	–	–	–
17	95	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19	–	–	–	–	–
18	–	90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17	–	–	–	–
19	–	90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19	–	–	–	–
20	–	90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	18	–	–	–
21	–	90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17	–	–
22	–	91	85	82	77	73	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	23	19	–	–
23	–	91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	25	21	18	–
24	–	91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	27	24	20	–
25	–	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	29	26	22	19

Пример: вычисляем относительную влажность при показаниях сухого термометра 17,0 °С и показаниях влажного термометра 12,5 °С.

Ответ: разность показаний термометров составит 17,0 минус 12,5 = 4,5 °С, относительная влажность составит 54 %.

Перед заменой необходимо удалить загрязненный фитиль с резервуара термометра и протереть резервуар тампоном ваты, смоченной теплой водой. Фитиль берется длиной 60 мм, смачивается в дистиллированной воде и натягивается на резервуар термометра так, чтобы была возможность завязать его ниткой над резервуаром. Конец завязанного фитиля над резервуаром должен быть не менее 7 мм. Далее готовятся две петли из ниток. Одной петлей туго затягивается фитиль над резервуаром термометра, вторая петля надевается на фитиль под резервуаром и постепенно стягивается так, чтобы он плотно облегал резервуар. Петлю затягивают не туго, а так, чтобы она не препятствовала капиллярному смачиванию ткани фитиля на резервуаре термометра.

Для изготовления нового фитиля применяется шифон хлопчатобумажный, отбеленный, неокрашенный, технический без запрета по ГОСТу 9310-75 или батист отбеленный, мерсеризованный, артикул 1402 НА по ГОСТу 8474-80. Допускается применять в качестве фитиля шнур-чулок хлопчатобумажный (артикул 494, ОСТ 17-184-2003). Другие виды шифона или батиста перед изготовлением фитиля следует обработать следующим образом: стирать в горячей воде (10 г соды на 1 л воды), кипятить в растворе той же концентрации в течение 1,5–2 часов, полоскать в горячей воде, воду менять до тех пор, пока она не будет чистой, сушить и гладить. Фитиль сшивается по диаметру резервуара термометра простым машинным швом. После обрезки шов по высоте должен быть не более 1,5 мм.

При работе с гигрометром запрещается:

- подвергать прибор резким ударам как при монтаже, так и при эксплуатации;
- протирать шкалу термометров и психрометрическую таблицу растворителями, кислотами и другими аналогичными жидкостями;
- перегревать термометры гигрометра ВИТ-1 выше 45°C. При перегреве может произойти разрушение резервуаров термометров.

При разрушении термометра термометрическую жидкость (толуол) следует удалить с окружающих предметов горячей водой с любыми моющими средствами. При этом следует помнить, что толуол токсичен и огнеопасен.

Психрометры аспирационные

Физический принцип действия этих психрометров (рис. 5.5) такой же, как у стационарного, но они содержат аспирационное устройство, обеспечивающее протяжку воздуха у резервуаров термометров

с постоянной скоростью 2 м/с. Это в значительной мере исключает влияние скорости ветра на показания психрометра. Выпускаются психрометры с аспираторами двух типов: с пружинным механизмом и с электродвигателем. Аспираторы взаимозаменяемы.

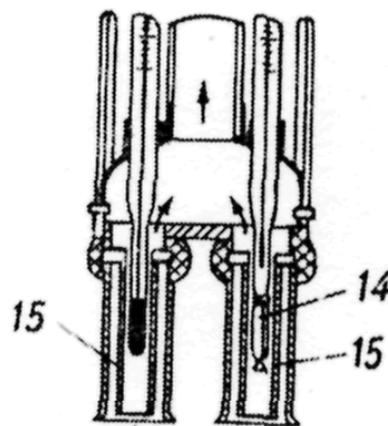
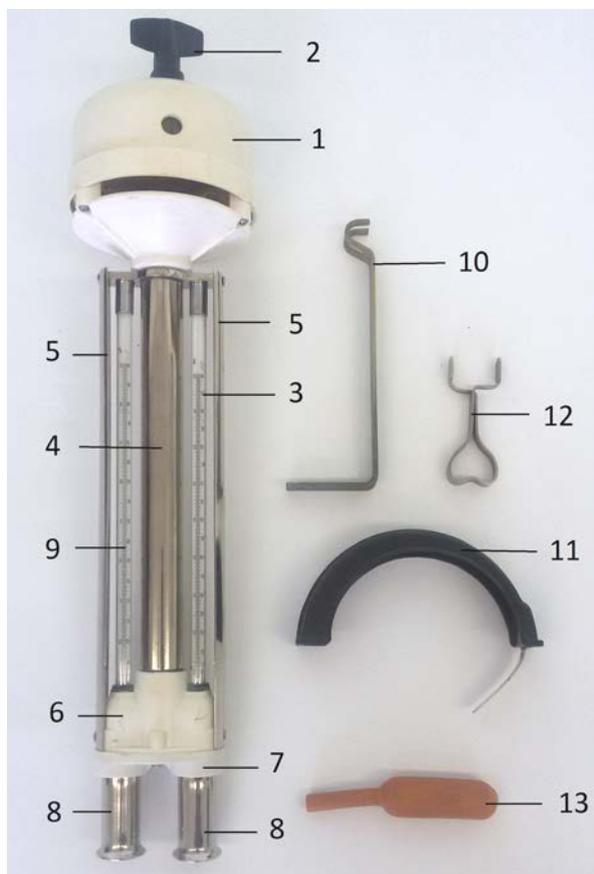


Рис. 5.5. Психрометр аспирационный:
 1 – головка аспиратора;
 2 – заводной ключ;
 3, 9 – смоченный и сухой термометры;
 4 – трубка; 5 – планочные защиты;
 6 – тройник; 7 – пластмассовые втулки;
 8 – защитные трубки; 10 – крючок;
 11 – ветровая защита; 12 – зажим;
 13 – резиновая груша; 14 – батист;
 15 – внутренние трубки

Аспирационный психрометр содержит два специальных термометра 3 и 9, укрепленных в металлической оправе, состоящей из трубки 4 с тройником 6 и планочных защит 5. К тройнику 6 с помощью пластмассовых втулок 7 прикреплены по две трубки 8 и 15, являющиеся защитой резервуаров термометров. Верхний конец трубки 4 соединен с головкой аспиратора 1, просасывающего наружный воздух через трубки 8 и 15 около резервуаров термометров. Внутренние трубки 15 удерживаются с помощью трех лапок, опирающихся на края наружных трубок 8. Для уменьшения теплопередачи между наружными трубками 8 и внутренними 15 под лапки трубок 15 подкладываются тонкие кольца из теплоизоляционного материала. Резервуар термометра 9 (правого) обвязан коротко обрезанным батистом.

Корпус аспирационного психрометра имеет зеркальное покрытие, благодаря чему его поверхность отражает падающие на него

солнечные лучи, исключая чрезмерный нагрев прибора. Кроме того, втулки 7 из теплоизоляционного материала изолируют трубки 8 и 15, окружающие резервуары термометров, от корпуса прибора. С учетом вышеперечисленных особенностей аспирационный психрометр не требует дополнительной защиты.

Измерения по психрометру

Психрометр устанавливают с помощью крюка-подвеса 10, который ввинчивают в столбик таким образом, чтобы резервуары термометров находились на высоте 2 м. Зимой психрометр устанавливают за 30 мин, а летом – за 15 мин до момента отсчета; при установке его ориентируют так, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на термометры. Смачивание термометра, обвязанного батистом, зимой производят за 30 мин, а летом – за 4 мин до отсчета.

Для смачивания термометра пользуются резиновой грушей 13 с пипеткой, прилагаемой к прибору. Ее наполняют дистиллированной водой, затем легким нажимом на грушу вводят воду в стеклянную пипетку до черты (если черта отсутствует, то подводят воду не ближе, чем на один сантиметр от края пипетки) и удерживают ее на этом уровне с помощью зажима 12. Потом вводят пипетку в правую трубку 15, где находится резервуар термометра, обвязанного батистом. Выждав 3–5 секунд для того, чтобы батист пропитался водой, открывают зажим, опускают воду в грушу и вынимают пипетку из трубки. При этом нужно исключить возможность нажима на грушу, так как вода из груши может попасть по соединительной трубке на сухой термометр, смочить стенки защитных трубок; это приведет к дополнительным погрешностям.

Зимой, как и в стационарном психрометре, термометр смачивают для того, чтобы корка льда на батисте растаяла.

Смочив термометр, ключом 2 заводят механизм аспиратора, который в момент отсчета должен работать полным ходом. Поэтому зимой за 4 мин до отсчета нужно произвести вторичный завод механизма. При производстве отсчетов сначала следует быстро отсчитать десятые доли градуса по сухому и смоченному термометрам, записать результаты и только после этого уже отсчитать и записать целые градусы. При этом необходимо строго следить, чтобы во время отсчетов ветер дул по направлению от прибора к наблюдателю во избежание искажения результатов наблюдений.

Зимой при отрицательных температурах после отсчета необходимо убедиться в том, что на батисте термометра находится лед или вода, как это было указано для стационарного психрометра.

При сильном ветре скорость аспирации нарушается вследствие затруднения выброса воздуха из вентилятора. Чтобы исключить это, на аспиратор *I* надевают с наветренной стороны (откуда дует ветер) особую ветровую защиту *II*, прилагаемую к психрометру. Защиту следует обязательно надевать на вентилятор уже при скоростях ветра более 3 м/с.

Аспирационный психрометр является самым надежным прибором для определения температуры и влажности воздуха при положительной температуре воздуха. Однако хорошие результаты с его помощью получаются только при строгом соблюдении правил измерений. При производстве измерений его нельзя устанавливать вблизи сильно нагретых или значительно увлажненных поверхностей, так как в психрометр может засасываться соприкасавшийся с ними воздух, вследствие чего результаты измерений температуры и влажности будут недостоверны. Следует обращать особое внимание на установку аспирационного психрометра; его лучше всего устанавливать на столбе всегда с наветренной стороны, чтобы воздух шел от прибора к столбу. Для этой цели на четырех диаметрально расположенных сторонах столба заранее делают отверстия, в которые можно ввинчивать крюк-подвес. При измерениях крюк-подвес следует ввинчивать в отверстие с наветренной стороны столба. Наблюдатель должен находиться по отношению к прибору с подветренной стороны, чтобы не оказывать влияния на показания прибора.

При вычислении влажности воздуха по аспирационному психрометру скорость обтекания воздуха около приемников термометров принимается равной 2 м/с, поэтому необходимо, чтобы скорость аспирации у резервуаров термометров в психрометре всегда была близка к 2 м/с. Проверка скорости аспирации производится при выпуске психрометра. Однако из-за загрязнения или износа деталей аспиратора скорость аспирации со временем может изменяться, а поэтому время от времени ее следует проверять.

На станциях это делают косвенно, путем определения скорости вращения барабана с заводной пружиной, который установлен в головке аспирационного психрометра. Для этой цели заводят пружину и ожидают появления в окошечке головки метки – стрелки, нанесенной на барабане пружины.

Если стрелка долго не появляется, то в момент ее появления снова заводят пружину до отказа. Когда вертикальная риска на барабане совпадет с вертикальной рисккой на окошечке, отмечают время; после их повторного совпадения определяют с точностью до одной

секунды время одного оборота барабана и сравнивают его со временем, указанным в поверочном свидетельстве.

Если продолжительность оборота барабана пружины оказывается больше на 5 с, чем указано в поверочном свидетельстве, значит скорость вентиляции недостаточна – менее 2 м/с.

Уход за прибором

Для правильной работы аспирационного психрометра необходимо следить за чистотой батиста и своевременной его сменой. Чтобы перевязать батист, следует, отвинтив от трубки головку аспиратора 1 (рис. 5.5), вынуть из оправы смоченный термометр. Повязка батиста на термометр производится так же, как и для стационарного психрометра для зимнего времени, то есть батист подрезается непосредственно под резервуаром термометра.

В целях предохранения покрытия оправы прибора от порчи рекомендуется психрометр всегда держать в футляре, избегать прикосновения потными руками, предохранять от запотевания, царапин и т. д. После наблюдений прибор обязательно протирают чистой салфеткой. Заводить пружину аспиратора в конце завода необходимо с предосторожностью, чтобы ее не сорвать.

Вычисление влажности по аспирационному психрометру

Скорость аспирации у смоченного термометра в аспирационном психрометре отличается от скорости обтекания воздуха у смоченного термометра стационарного психрометра. Влажность воздуха на практике вычисляют по значениям температуры сухого и смоченного термометров по специальным психрометрическим таблицам для аспирационного психрометра.

5.3. Гигрометры

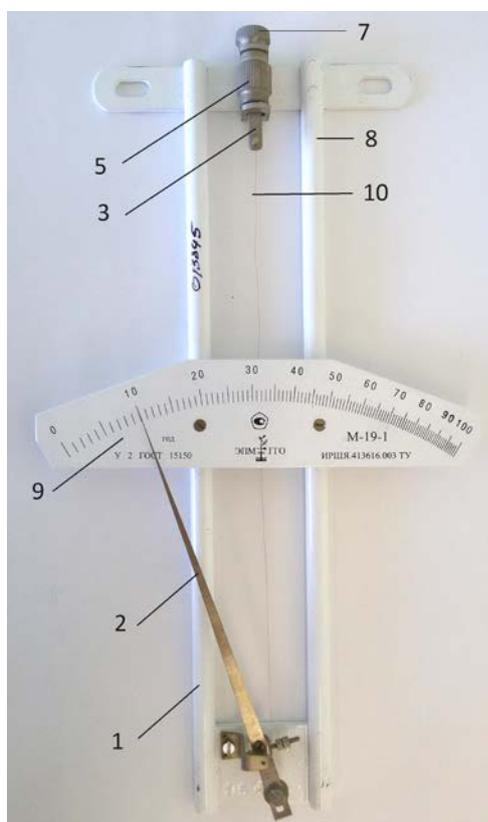
Волосной гигрометр (МВ-1)

Способность обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину при изменении влажности окружающего воздуха была известна давно. Еще в 1783 г. швейцарский ученый Бенедикт де Сосюр впервые построил гигрометр, применив обезжиренный волос в качестве чувствительного элемента.

В настоящее время установлено, что удлинение волоса ΔL при изменении относительной влажности от 0 до 100 % составляет 2,5 % его длины L и происходит нелинейно.

Для разных волос эта зависимость варьирует (особенно при высокой влажности). Поэтому волосы для гигрометра отбираются специально (по пригодности), а затем подвергаются специальной химической и механической обработке. Случается, что с течением времени чувствительность волоса меняется, но закономерности этих изменений неизвестны. По-видимому, они зависят от качества волоса, технологии его обработки и условий хранения и использования.

Волосной гигрометр (рис. 5.6) состоит из рамки 8, на которой укреплена шкальная пластина 9, и волоса 10, верхним концом закрепленного с помощью клина и клея в отверстии хвостовика 3 винта 7, а нижним концом связанного со стрелкой 2. Винт 7 с помощью гайки 5 может перемещаться в скобе 4, укрепленной в верхней части рамки 8. Нижний конец волоса 10 с помощью деревянного клина и клея (или шеллака) закреплен в отверстии кулачка 13. Кулачок закреплен на стерженьке 15, на конце которого имеется грузик 12. Стерженьек 15 входит в отверстие винта 14. Ось 11 установлена в кронштейне, укрепленном в нижней части рамки 8. Таким образом, стрелка 2 под воздействием волоса 10 и грузика 12 может поворачиваться вместе с осью 11, перемещаясь вдоль шкалы.



а

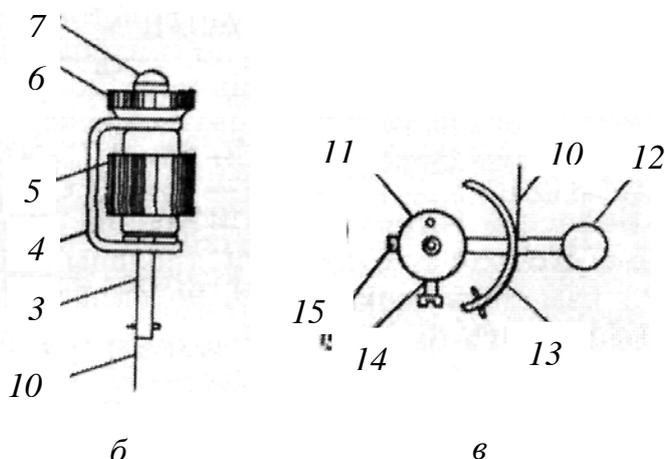


Рис. 5.6. Гигрометр волосной (а) и узлы крепления волоса к рамке (б) и стрелке (в):
 1 – рамка; 2 – стрелка; 3 – хвостовик;
 4 – скоба; 5 – гайка; 6 – контргайка, 7 – винт;
 8 – рамка; 9 – шкала, 10 – волос;
 11 – ось стрелки; 12 – грузик; 13 – кулачок;
 14 – винт, 15 – стерженек

Передвигая стерженек *15* по оси *11*, можно менять чувствительность гигрометра, так как при этом меняется длина рычага, прикрепленного к кулачку *13*, за который волос *10* перемещает стрелку *2*. С помощью винта-регулятора *14* можно устанавливать стрелку на любом нужном делении шкалы. Для этого сначала освобождают контргайку *6*, затем, вращая гайку *5*, перемещают вверх или вниз винт *14*, а когда стрелка гигрометра установится на нужном делении шкалы, положение винта фиксируют, закрепляя контргайку *6*. На шкале нанесены неравномерно 100 делений, расстояние между которыми уменьшается от 0 до 100. Отсчеты по шкале производятся с точностью до целого деления.

При увеличении относительной влажности волос удлиняется, и стрелка под действием грузика *12* поворачивается вправо, при уменьшении влажности волос сокращается и поворачивает стрелку влево.

Волосной гигрометр устанавливают в психрометрической будке вместе с психрометром стационарным и крепится на штативе между сухим и смоченным термометрами.

Отсчеты по волосному гигрометру делаются в целых делениях его шкалы непосредственно после отсчетов по психрометру (промежуток времени между этими отсчетами должен быть минимальным).

При каждом отсчете по волосному гигрометру необходимо проверить, не испытывает ли ось стрелки большого трения в цапфах. Для этой цели после отсчета отводят карандашом стрелку гигрометра немного влево и проверяют, возвращается ли она в начальное положение. Конец стрелки должен перемещаться вдоль шкалы, но не задевая ее.

Волосной гигрометр подвергается проверке на пригодность использования его в качестве измерительного прибора. Поверенный гигрометр снабжается поверочным свидетельством, в котором указывается только время проверки.

Волосной гигрометр является прибором менее точным, чем стационарный психрометр, но в зимнее время (при температурах ниже минус 10 °С) он является основным прибором, по которому определяется влажность воздуха.

Чтобы получить действительную относительную влажность, необходимо в показания гигрометра ввести поправки, которые находят путем сравнения показаний гигрометра с показаниями психрометра в течение 1–1,5 месяца до наступления устойчивых морозов. Эти поправки для разных значений влажности находят графическим

методом. Для этого на специальном бланке-графике наносят точки, соответствующие значениям относительной влажности, одновременно полученным по психрометру и гигрометру (рис. 5.7). На оси абсцисс этого бланка-графика (шкала от 100 %) фиксируют значения влажности, полученные по гигрометру, а на оси ординат – значения относительной влажности, полученные по психрометру.

Если точки в отдельных случаях будут совпадать, то они отмечаются, как обычно в таких случаях, черточками по числу совпадений. Если приборы исправны и измерения проводились правильно, точки располагаются в узкой полоске. На глаз определяют среднюю линию, относительно которой точки располагаются по обе стороны равномерно, и проводят ее карандашом. Пользуясь этим графиком, для любого показания гигрометра можно найти соответствующее значение относительной влажности.

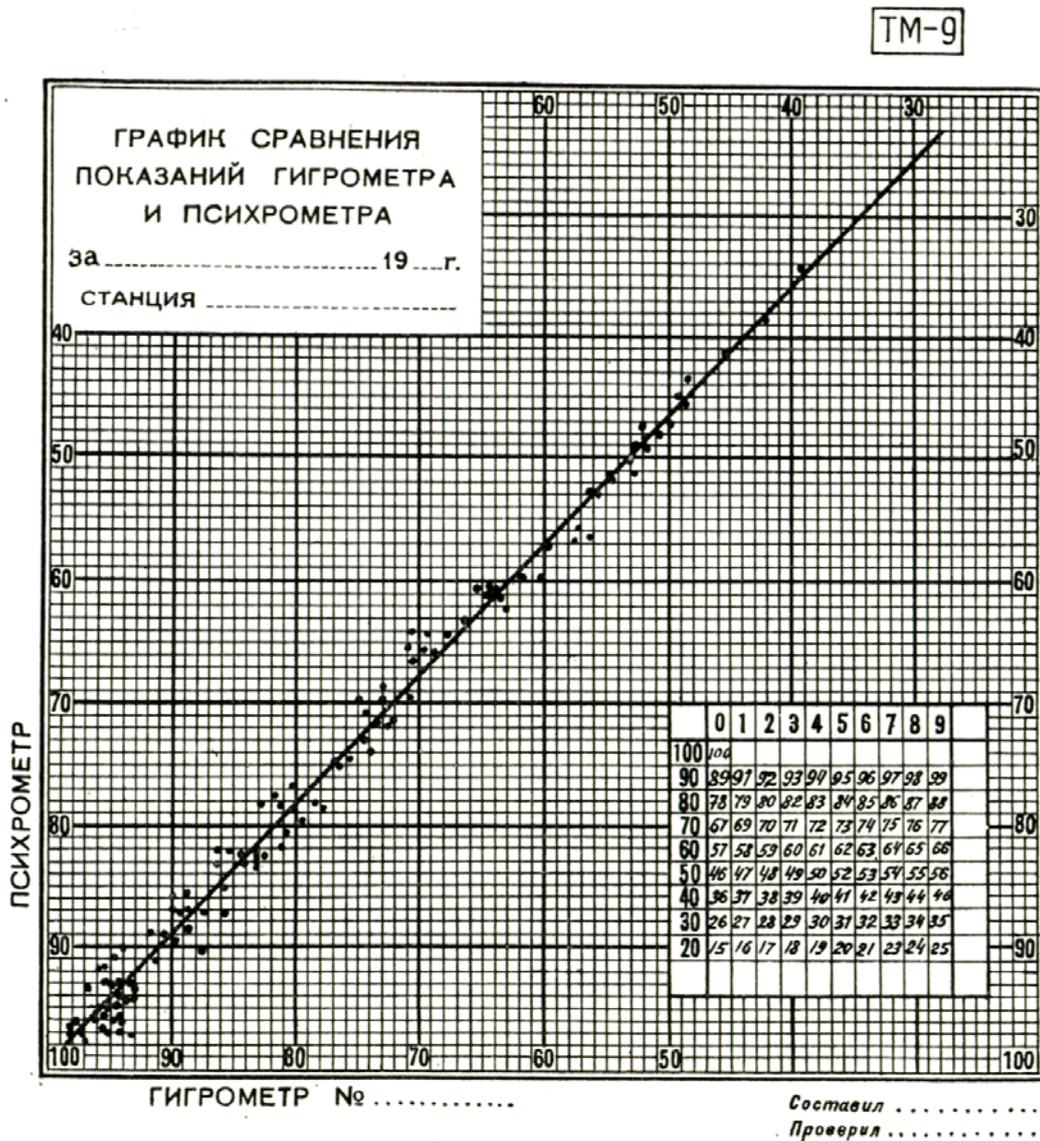


Рис. 5.7. График для определения поправок к показаниям гигрометра

Более удобно пользоваться не графиком, а переводной таблицей, составленной на его основании. В ее крайнем левом столбце цифры соответствуют десяткам, а в верхней строке – единицам шкалы гигрометра. Остальные строки заполняют значениями относительной влажности, снятыми с кривой графика. Например, отсчету по гигрометру «43» соответствует значение влажности 39 %; отсчету «83» соответствует 82 %.

При загрязнении волоса его необходимо промыть. Для этой цели, не открепляя конец волоса, освобождают ось со стрелкой и погружают волос в дистиллированную воду, налитую в плоскую тарелку. Продержав волос в воде 20–30 мин, мягкой кисточкой несколько раз проводят по волосу, погруженному в воду. После этого прибор собирают и, дав обсохнуть волосу в обычных комнатных условиях, снова устанавливают в будке.

Чистку волоса можно производить только летом или осенью, до определения поправки гигрометра. В зимнее время чистить и регулировать гигрометр нельзя, так как при этом могут измениться его поправки.

В зимнее время гигрометр иногда покрывается изморозью, льдом или снегом. В этих случаях прибор приходится снимать и переносить в теплое помещение, чтобы дать ему оттаять и обсохнуть (при этом нельзя помещать его вблизи высокотемпературных источников тепла). При переноске гигрометра, чтобы не порвать волос и не растянуть его, лучше всего отвести стрелку влево и прижать ее пальцем к шкале.

Не следует прибегать к механической чистке волоса, так как при этом его можно растянуть или оборвать.

Регистрация влажности воздуха. Гигрографы

Для непрерывной регистрации изменений влажности воздуха служат гигрографы. Гигрографы производятся двух видов: волосные (чувствительный элемент – человеческий волос) и пленочные (чувствительный элемент – органическая пленка). Они выпускаются суточными и недельными. Корпуса гигрографов пластмассовые, как и у термографов.

На метеорологических станциях применяют волосной гигрограф (рис. 5.8). Основание корпуса гигрографа 13 служит для крепления платы с механизмом гигрографа. Вне корпуса находится кронштейн 7, несущий пучок волос 6, защищенный от повреждений укрепленной на задней стенке защитной рамкой 14. Крышка имеет три прозрачные стенки, обеспечивающие возможность осмотра хода

записи на ленте барабана. На передней части платы укреплена ось барабана с часовым механизмом.

Пучок волос *б* с двух концов закрепляется в цапфах кронштейна *7*. Середина пучка надета на крючок *9*, который связан с рычагом *10*, сидящим на одной оси с кулачком *5*, имеющим на конце грузик *4*. Под воздействием веса кулачка *5* и грузика *4* пучок волос *б* находится в натянутом состоянии, а кулачок *5* прижимается к кулачку *3*. Кулачок *3*, укрепленный на одной оси со стрелкой *2*, всегда прижат к кулачку *3* (так как моменты силы тяжести стрелки *2* с надетым пером несколько больше, чем кулачка).

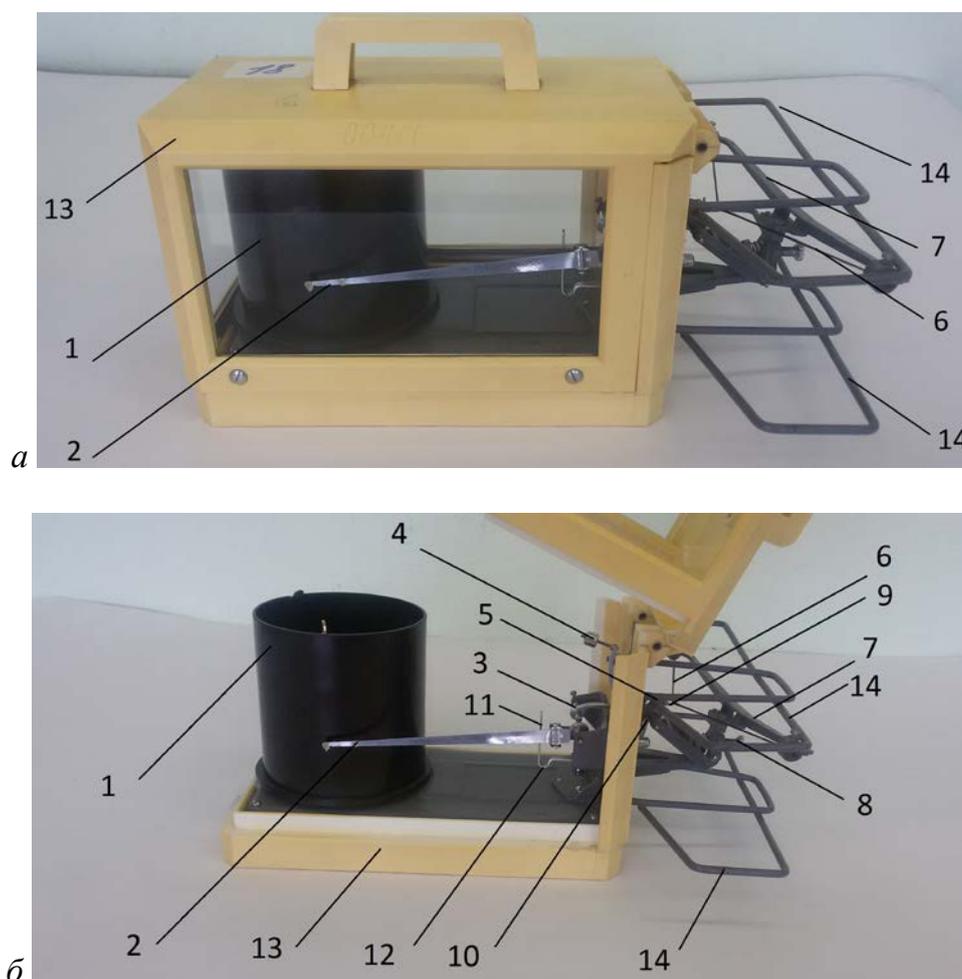


Рис. 5.8. Гигрограф волосной: *а* – общий вид; *б* – механизм гигрографа;
1 – барабан; *2* – стрелка с пером; *3*, *5* – кулачки, *4* – грузик; *б* – пучок волос;
7 – кронштейн; *8* – винт; *9* – крючок; *10* – рычаг; *11* – рукоятка; *12* – арретир;
13 – корпус; *14* – защитная рамка

При увеличении относительной влажности пучок волос удлиняется, разгружая рычаг, с которым он соединен крючком *9*; при этом кулачок *5* и грузик *4* весом давят на кулачок *3*, перемещая его вниз,

а стрелку 2 с пером – вверх по ленте барабана. При уменьшении влажности волос сокращается, нагружает рычаг 10 и поднимает кулачок 5, разгружая кулачок 3, который под воздействием веса рычага с пером поднимается кверху до упора в кулачок. При этом стрелка 2 с пером перемещается вниз по ленте барабана. Нажим стрелки с пером на ленту барабана ограничивается арретиром 12.

Обработка записей на ленте гигрографа несколько отличается от обработки лент термографа. Разбивка записи на ленте гигрографа на часы производится так же, как и на лентах термографа. Поправки в записи вводятся с помощью графика, составленного на основании сравнительных данных значений относительной влажности в ночные часы, полученных по психрометру, и значений, снятых с лент гигрографа, с точностью до 1 %. График строится так же, как для поправок к гигрометру.

Для теплого времени года обработка лент ведется ежемесячно с помощью графика, составленного по данным текущего месяца. В зимние месяцы (при температуре ниже минус 10 °С, когда по психрометру влажность не определяется) обработка лент производится с помощью сезонного графика, составленного по данным двух ближайших месяцев (осенних или весенних) до наступления холодного периода или после него.

Необходимо также использовать отдельные наблюдения по психрометру, которые могут осуществляться в течение холодного сезона, когда температура воздуха поднимается выше минус 10 °С.

Сравнительные данные таких наблюдений наносят на сезонный график (эти точки наносят так, чтобы они отличались от других), и они служат некоторым контролем соответствия сезонной кривой для работы гигрографа в данный зимний месяц.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие показатели, характеризующие влажность воздуха, вы знаете?
2. Какие виды психрометров вы знаете?
3. На каком принципе основана работа гигрометра?
4. Чем гигрографы отличаются от гигрометров?
5. В чем заключается основное отличие аспирационного психрометра от стационарного?
6. Как производятся наблюдения за влажностью воздуха при температуре ниже минус 10 °С?

7. В чем заключается сущность психрометрического метода определения влажности?

8. Почему шкала гигрометра имеет неравномерные деления?

9. Определите абсолютную влажность воздуха, если парциальное давление – 15 мбар, а температура воздуха – 20 °С.

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.

2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.

3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст] // Метеорологические наблюдения на станциях. – Вып. 3. Ч. 1. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.

4. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения [Текст] / М.С. Стернзат. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 «Измерение осадков»

Цель работы – изучить порядок работы и приборы для измерения осадков.

Задание – законспектировать материал, зарисовать приборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: уметь классифицировать осадки по различным признакам; знать, при каких условиях выпадают осадки, какова роль осадков в жизни леса и в атмосферных процессах.

6.1. Общие сведения

Осадками называют воду, выпадающую в жидком или твердом виде на земную поверхность и наземные предметы из облаков и из воздуха вследствие конденсации содержащегося в нем водяного пара (последние – продукты конденсации – иногда называют гидрометеорами).

Осадки в зависимости от их фазового состояния разделяют на твердые, жидкие и смешанные. К жидким, например, относят дождь, росу, к твердым – снег, град, снежную крупу, гололед, иней, а к смешанным – мокрый снег и т. п.

Осадки, выпадающие на земную поверхность, измеряются количественно толщиной слоя воды в миллиметрах, который образовался бы на горизонтальной поверхности от выпавших осадков при отсутствии просачивания в почву, стекания и испарения этих осадков.

Количество осадков обычно вычисляют с точностью до 0,1 мм для определенных промежутков времени. Данные о количестве осадков, выпавших за относительно большие промежутки времени, не всегда достоверны. Одно и то же количество осадков, выпавших за различные промежутки времени, может дать совершенно различный эффект. Так, например, 30 мм осадков, равномерно выпавших в течение суток, – это дождь небольшой интенсивности, а 30 мм осадков, выпавших в течение 10 мин, – это ливневый дождь, который может вызвать в некоторых местах нежелательные последствия. В связи с этим ведется непрерывная регистрация выпавших осадков с помощью самописцев. Получаемые записи дают возможность определить количество осадков, их распределение во времени и интенсивность выпадения.

Измерения количества и интенсивности выпадения жидких осадков еще не дают всех необходимых данных для учета водного баланса. Поэтому возникает необходимость в наблюдениях еще и над снежным покровом, главным образом, с целью определения содержащихся в нем запасов воды. Все необходимые для этого данные получают во время периодически проводимых снегомерных съемок.

Жидкие и твердые осадки (роса, гололед, иней и др.), выпадающие на поверхность почвы, растений и различных сооружений вследствие конденсации водяного пара в воздухе, во многих случаях оцениваются только качественно путем визуальных наблюдений. Однако же осадки, которые могут оказать воздействие (полезное или вредное) на какие-либо отрасли народного хозяйства, изучаются детально. Так, например, данные об образовании гололеда на проводах получают с помощью установленного на станции гололедного станка, определяя массу льда на погонном метре провода, форму и структуру его образования. Полученные данные позволяют оценить и вовремя спрогнозировать риск аварийных ситуаций, причиной которых может явиться обрыв воздушных проводов электричества и связи в результате отложения на них критической массы гололеда.

6.2. Измерение осадков с помощью осадкомеров и дождемеров

Для измерения количества выпадающих на горизонтальную поверхность жидких и твердых осадков наиболее широко применяются относительно простые установки – осадкомеры и дождемеры.

Основными частями этих установок являются сосуд для сбора осадков, ветровая защита и мерный стакан. Ветровая защита предназначена для уменьшения завихрений, образующихся при ветре вокруг и внутри осадкосборного сосуда. Завихрения мешают свободному попаданию осадков в сосуд, что приводит к погрешности измерений – обычно к занижению количества жидких осадков и завышению количества твердых (из-за надувания снежинок в сосуд при отсутствии снегопада с окружающих предметов).

Приемная поверхность осадкомера (отверстия, через которые осадки попадают в осадкосборный сосуд) должна иметь строго определенную площадь. Количество осадков, попавших в сосуд, измеряют с помощью специального мерного стакана и, отнеся к площади приемной поверхности осадкомера, рассчитывают толщину слоя воды, который могли бы образовать выпавшие осадки.

Применяются осадкомеры, позволяющие измерять количество осадков, выпавших за короткое время (за сутки) и за продолжительное время (до года).

Осадкомер Третьякова

Осадкомер Третьякова, применяемый на гидрометеорологической сети для измерения жидких и твердых осадков, состоит из двух сменных ведер (осадкосборных сосудов), одной крышки к ведру, тагана для установки ведра, планочной защиты и измерительного стакана (рис. 6.1).

Ведро осадкомера металлическое высотой 40 см с приемным отверстием 200 см^2 . Его верхний край упрочнен жестким кольцом, что обеспечивает сохранность формы и площади приемного отверстия.

Внутри ведра впаяна диафрагма, имеющая форму усеченного конуса с отверстием для стока. Для уменьшения испарения осадков из ведра в летнее время в отверстие диафрагмы вставляется воронка с небольшим отверстием. К ведру припаян носик для слива собранных осадков и измерительный стакан. Носик закрывается колпачком, прикрепленным цепочкой к ведру. Ведро ставится в таган на выступы его ножек. Таган крепится к столбу или подставке. Ветровая защита состоит из 16 трапециевидных изогнутых по определенному профилю

планок, подвешенных за ушки на металлическом кольце, которое с помощью четырех кронштейнов крепится вместе с таганом. Планки расположены на равном расстоянии друг от друга и скреплены между собой сверху и внизу цепочками. Такое крепление позволяет планкам колебаться от порывов ветра, стряхивая при этом попавший на них снег. В собранном осадкомере верхние края планок должны находиться в одной горизонтальной плоскости с верхним краем ведра.

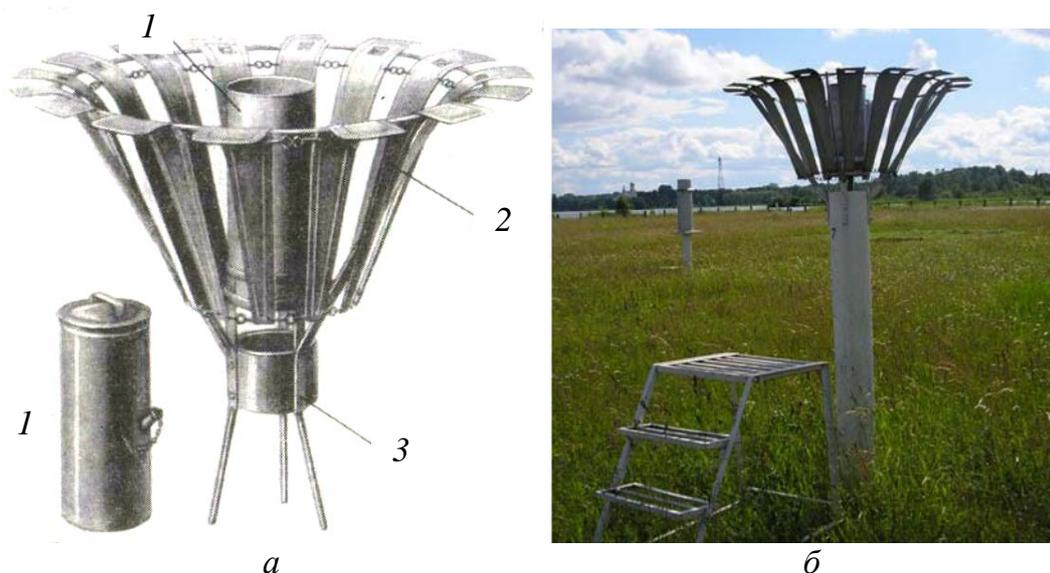


Рис. 6.1. Осадкомер Третьякова: а – механизм, б – в сборе на метеоплощадке; 1 – осадкосборный сосуд; 2 – планочная защита; 3 – таган;

Измерительный стакан осадкомера служит для измерения осадков, попавших в ведро осадкомера. Его шкала имеет 100 делений. Цена деления – 2 см^3 , что при площади приемного отверстия 200 см^2 соответствует $0,1 \text{ мм}$ осадков:

$$\left(\frac{2 \text{ см}^3}{200 \text{ см}^2} = 0,01 \text{ см} = 0,1 \text{ мм} \right).$$

Осадкомер устанавливается на метеорологической площадке (см. прил. 2) на деревянном столбе или на специальной металлической подставке так, чтобы высота приемной части осадкомера (верхний срез ведра) над поверхностью была 2 м .

В местностях, где высота снежного покрова бывает выше 1 м , следует иметь для установки осадкомера на зимний период второй столб на 1 м выше столба, используемого в обычных условиях. Осадкомер следует переставлять на запасной столб при высоте снежного покрова более 60 см . Необходимо следить за тем, чтобы снег не задерживался на планках защиты осадкомера, что особенно часто случается при выпадении мокрого снега.

Если осадкомер устанавливают вне метеорологической площадки, то место его установки должно быть удалено от окружающих строений, деревьев и других предметов на расстояние, не менее чем их трехкратная высота. При меньшем удалении снег, сдуваемый ветром с близко расположенных предметов, может попадать в осадкомер; эти предметы могут мешать попаданию осадков в осадкомер, особенно при косом (не вертикальном) их выпадении.

Однако осадкомер не следует устанавливать в совершенно открытом месте, где возможно выдувание из него уже собранных твердых осадков.

Лучшим местом для установки осадкомера является достаточно открытая поляна, окруженная со всех сторон деревьями, или площадка, окруженная строениями.

Измерения количества собранных осадкомером осадков на наблюдениях (независимо от того, заметил наблюдатель или нет их выпадение) производятся четыре раза в сутки (см. прил. 3), затем определяется суммарное количество осадков за сутки путем сложения результатов четырех измерений.

В срок наблюдения наблюдатель приносит из помещения станции пустое ведро, закрытое крышкой (во избежание попадания в него осадков), и заменяет им ведро, стоящее на тагане осадкомера. Затем с установленного (пустого) ведра снимают крышку, закрывают ею снятое ведро (с осадками) и уносят его в помещение, где производят измерение количества осадков. Для этого содержимое ведра через носик сливают в измерительный стакан, установленный на горизонтальную поверхность. Измерительный стакан представляет собой стеклянный сосуд, на боковую поверхность которого нанесена шкала с делениями. По положению уровня воды относительно шкалы стакана отсчитывают число делений, округляя их до целых значений. Если количество осадков меньше одного деления стакана, то количество осадков считают равным нулю, однако учитывают, что осадки в этот день были, но в небольших количествах. Если осадков окажется больше 100 делений стакана, измерение следует производить частями, каждый раз записывая результат, а затем суммируя (для контроля в скобках записывают число измерений).

Если осадки твердые или смешанные, то измерения производят только после того, как осадки полностью растают. Нельзя ускорять таяние чрезмерным нагревом ведра – это приводит к погрешности из-за испарения части осадков.

При измерениях количества осадков с помощью осадкомера возникает погрешность за счет не учета смачивания ведра жидкими осадками (или растаявшими твердыми) и частично испарения осадков

из ведра. Поэтому к результатам измерений вносят поправки: для твердых осадков, выпавших в количестве более 0,5 мм, поправка составляет +0,1 мм; для жидких осадков, выпавших в количестве менее 0,5 мм, поправка равна +0,1 мм, а если количество более 0,5 мм, поправка будет +0,2 мм.

Недостатком осадкомера Третьякова является то, что ветровые защиты полностью не предотвращают завихрения у приемного отверстия осадкомера, следовательно, не исключают вызванные ими погрешности в измерении количества осадков.

Дождемер почвенный

Дождемер почвенный (рис. 6.2) применяется для измерения жидких осадков на уровне поверхности почвы.

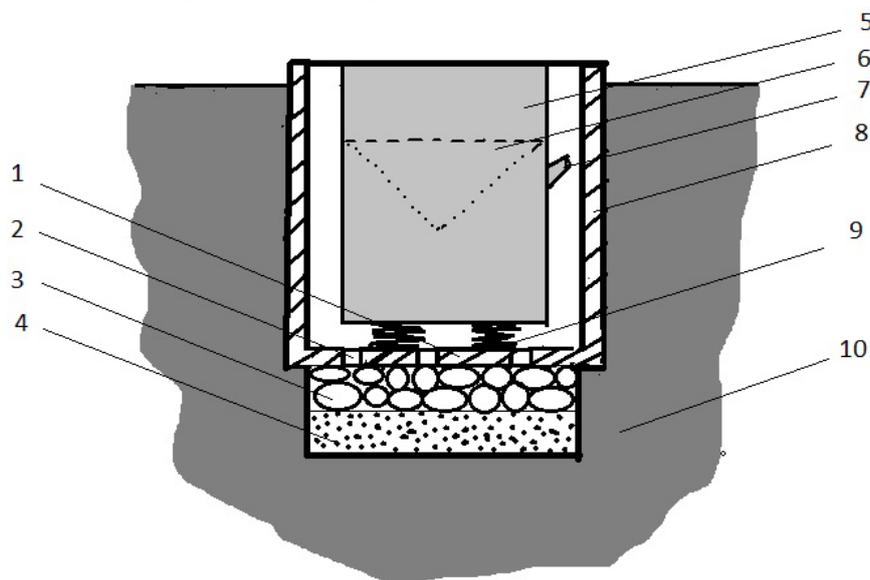


Рис. 6.2. Схема почвенного дождемера:

- 1 – дно металлического гнезда; 2 – отверстия для стока воды; 3 – дренаж;
4 – водопроницаемая засыпка; 5 – дождемерное ведро; 6 – диафрагма;
7 – носик для слива осадков; 8 – металлическое гнездо; 9 – опоры; 10 – почва

Почвенный дождемер устанавливается в углублении в почве так, чтобы его приемное отверстие находилось чуть выше уровня поверхности почвы, где скорость ветра близка к нулю. Следовательно, у приемного отверстия дождемера завихрения воздуха будут минимальны. В приемное отверстие дождемера попадет осадков столько же, сколько их выпадет на любой другой равный по площади участок близлежащей горизонтальной поверхности.

Прибор состоит из дождемерного ведра 5 с площадью приемного отверстия 500 см^2 и из металлического гнезда 8 цилиндрической

формы для его установки. В дне гнезда 1 проделаны отверстия для стока воды 2. Дождемерное ведро имеет диафрагму 6 с несколькими небольшими отверстиями в центре и носик 7 для сливания осадков. Для установки почвенного дождемера в почве 10 подготавливается круглая яма по размерам гнезда, в центре ее делают небольшое углубление для стока осадков, попавших в гнездо. Верх гнезда должен возвышаться над поверхностью почвы на 5 см для предотвращения попадания в ведро поверхностного стока.

Дождемерное ведро устанавливается в гнездо на опоры 9, при этом плоскость приемного отверстия ведра должна быть строго горизонтальной. Измерение осадков производится четыре раза в сутки аналогично осадкомеру Третьякова. Измерительный стакан почвенного дождемера имеет объем 500 см^3 и шкалу, разбитую на 100 делений. Цена деления шкалы – 0,1 мм.

Полевой дождемер

Для учащенных наблюдений над осадками на полях севооборота можно использовать полевой дождемер (рис. 6.3). Дождемер имеет вид высокого (34 см) стеклянного стакана, расширяющегося в верхней части. Приемная поверхность полевого дождемера равна 30 см^2 .

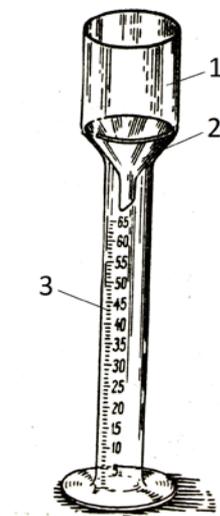


Рис. 6.3. Полевой дождемер: 1 – стакан; 2 – воронка; 3 – шкала

На стенке дождемера нанесены деления, каждое из которых соответствует слою выпавших осадков высотой 1 мм, или объемом 10 м^3 воды на один гектар. Для уменьшения испарения воды из дождемера (в период от дождя до очередного срока наблюдения) в стакан вставляется небольшая стеклянная воронка. Устанавливается дождемер

на подставке, в качестве которой можно применить кусок водопроводной трубы или деревянный столбик. Выпавшие твердые осадки – снег, град, крупу – растапливают, и количество полученной талой воды измеряют тем же стаканом.

Осадкомер суммарный

В некоторых случаях необходимо вести учет количества осадков, выпадающих вдали от метеорологической станции в ненаселенных и труднодоступных местах. Тогда используют суммарные осадкомеры (рис. 6.4), дающие возможность измерять сумму выпавших осадков сразу за большой срок – до 12 месяцев. Такие осадкомеры должны удовлетворять некоторым требованиям. Они должны быть легкими, что обеспечит их доставку для установки в малодоступные районы (например, в горы), прочными и надежными, что позволит им работать значительное время без присмотра и без порчи в случаях замерзания и таяния находящихся в них осадков. Слив осадков из дождемера должен быть удобным.

Имеется несколько видов суммарных осадкомеров, в той или иной мере удовлетворяющих этим требованиям. На рисунке 6.4 показан один из них – осадкомер М-70. Он состоит из приемной части (трубы 2 с внутренним диаметром 252,2 мм) с приемным отверстием площадью 500 см², которая скреплена с сосудом для сбора осадков.

Сосуд состоит из двух соединяющихся между собой частей: верхней 4 съемной и нижней 5 конусообразной. Объем нижней части сосуда рассчитан на вмещение в растаявшем виде всех осадков, которые могут выпасть в месте установки осадкомера за весь срок между измерениями.

Осадкомер устанавливается на подставке так, чтобы верхний край приемной части осадкомера находился на высоте 2 м от поверхности почвы (снега).

Коническая форма нижней части сборного сосуда уменьшает возможность его разрыва при замерзании и таянии хранящихся в нем осадков. Верхняя часть сосуда имеет окно, плотно закрывающееся задвижкой. Окно служит для выема осадков при измерении.

Вверху к приемной части с помощью кронштейнов прикреплена планочная ветровая защита.

Для предохранения собранных осадков, когда они находятся в жидком состоянии, от испарения в осадкомер наливают некоторое количество минерального масла, которое всплывает на поверхность воды.

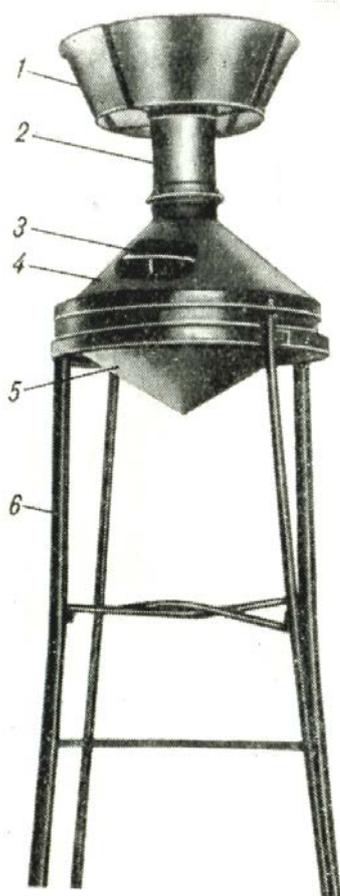


Рис. 6.4. Осадкомер суммарный:
 1 – ветровая защита;
 2 – труба; 3 – окно с задвижкой;
 4, 5 – верхняя и нижняя части водо-
 сборного сосуда; 6 – подставка

В установленные сроки производят измерение осадков. Для этого с помощью паяльной лампы или костра подогревают нижнюю часть сосуда, если в нем имеются твердые осадки, до полного их таяния.

Затем открывают задвижку окна и с помощью резинового шланга (сифона или резиновой груши с длинным наконечником) переливают воду в запасной сосуд и измеряют с помощью измерительного стакана.

При измерении нужно исключить попавшее в измерительный стакан вместе с осадками масло.

После измерений осадкомер подготавливают для сбора осадков (до следующего измерения).

В осадкосборный сосуд наливают масло (вместо слитого с осадками) и закрывают задвижку окна.

6.3. Снегомерные наблюдения

Эти наблюдения включают в себя измерения высоты и плотности снежного покрова, определение запасов содержащейся в нем воды, наличия и толщины ледяной корки, слоя воды на почве, состояния поверхности почвы (талая или мерзлая), определение степени покрытости поверхности почвы снегом и характера залегания снежного покрова.

Высоту снежного покрова измеряют с помощью снегомерных реек, плотность снежного покрова – с помощью снегомера, запас воды в снеге вычисляют по плотности и высоте снежного покрова или измеряют с помощью специальных радиоактивных установок, толщину ледяной корки определяют с помощью линейки. Остальные наблюдения над снежным покровом производят визуально.

Различают следующие основные виды наблюдений за снежным покровом: ежедневные, ландшафтно-маршрутные снегомерные съемки, специальные снегомерные съемки. Сроки проведения этих наблюдений и их объем определены «Наставлением».

Наблюдения степени покрытости поверхности почвы, характера залегания и высоты снежного покрова на станции начинают с момента образования снежного покрова до момента его полного исчезновения.

Снегомерные съемки в поле производят тогда, когда снегом покрыто не менее $1/2$ видимой окрестности, а на лесных участках – не менее половины площади участка снегосъемки. В балках и оврагах снегосъемки прекращаются с началом весеннего снеготаяния. Степень покрытости определяется ежедневно и оценивается по 10-балльной системе (0,1 площади видимой окрестности соответствует одному баллу). Ежедневно оценивают также характер залегания: равномерный (без сугробов), с небольшими сугробами, без оголений, с оголениями, с проталинами, лежит местами.

Высота покрова измеряется ежедневно по трем постоянным снегомерным рейкам, установленным в середине площадки в вершинах треугольника (близкого к равностороннему) со сторонами около 10 м. Одна из реек устанавливается у почвенно-глубинных термометров (на постах вблизи осадкомера). Высота снежного покрова вычисляется как среднее арифметическое из отсчетов по трем рейкам.

Постоянные снегомерные рейки устанавливаются осенью до образования снежного покрова. Выбрав место, вбивают в землю деревянный заостренный брусок длиной 40–60 см, на котором имеется запиленная ступенька. К бруску привинчивают рейку так, чтобы она стояла вертикально. Рейка имеет высоту 2 м сечением $6 \times 2,5$ см со шкалой с ценой деления и оцифровкой через 10 см. При установке нулевое деление рейки должно совмещаться с поверхностью почвы. Отсчеты по рейке делают, находясь на расстоянии 5–6 шагов, не нарушая состояния снежного покрова около рейки. Отсчеты производят всегда с одной и той же точки.

При измерении следует учитывать, что под воздействием ветра около самой рейки часто образуется углубление в снегу, поэтому при отсчете следует наклоняться ближе к поверхности снежного покрова. Отсчет делают с точностью до сантиметра.

Переносная снегомерная рейка (рис. 6.5) служит для измерения высоты снежного покрова при маршрутных съемках. Она представляет собой прямоугольный деревянный брусок длиной 180 см, сечением 4×2 см. На одной стороне рейки – шкала с ценой деления 1 см.

На ее нижнем конце имеется железный наконечник, нижний заостренный край которого совпадает с нулем шкалы. Переносные рейки изготавливают также из дюралюминиевых трубок.



Рис. 6.5. Переносная снегомерная рейка

Для определения высоты снежного покрова переносную рейку погружают заостренным концом вертикально в снег, притом она должна дойти до поверхности почвы, но не углубляться в нее.

Если при измерениях обнаруживается, что под слоем снега поверхность почвы покрыта льдом, то следует, измерив толщину снега, разгрести его и измерить линейкой толщину льда.

Измерение плотности снега

Плотность снега (ρ) – это отношение массы снега (m) к его объему (v). Плотность снега вычисляют с точностью до $0,001 \text{ г/см}^3$ с дальнейшим округлением до $0,01 \text{ г/см}^3$.

Для измерения плотности снега служат снегомеры. *Походный весовой снегомер* (рис. 6.6) состоит из снегозаборника, весов и лопатки.

Снегозаборник состоит из металлического цилиндра 10, который с одного конца может закрываться крышкой 11, а с другого – оканчиваться кольцевым утолщением 8 с пилообразной режущей кромкой. Вдоль образующей цилиндра нанесена шкала с делениями от нуля (совпадающего с режущей кромкой кольца) до 50 см.

Высота цилиндра – 60 см, площадь его внутреннего поперечного сечения – 50 см^2 . На цилиндре находится свободно передвигаемое кольцо 9 с дужкой 7, за которую заборник подвешивают к весам. Весы состоят из рейки коромысла 1 со шкалой и ценой деления 5 г^* . Каждая десятая отметка оцифрована.

На рейке укреплены две призмы. Одна призма ребром опирается на подвес 5, имеющий кольцо 4, за которое удерживают весы при взвешивании. Вторая призма (на рисунке не видна) служит опорой для крюка 6, к которому подвешивается снегозаборник.

Для уравновешивания весов служит свободно передвигающийся по рейке 1 передвигной груз 2, через круглое отверстие которого видна шкала. На нижней скошенной кромке отверстия имеется риска,

* 5 г снега при сечении заборника 50 см^2 соответствуют слою воды толщиной в 1 мм.

служащая указателем для отсчета по шкале весов при их уравнивании. Равновесие весов определяется по совпадению стрелки 3, укрепленной на рейке 1, с риской под прямоугольным окном подвеса 5.

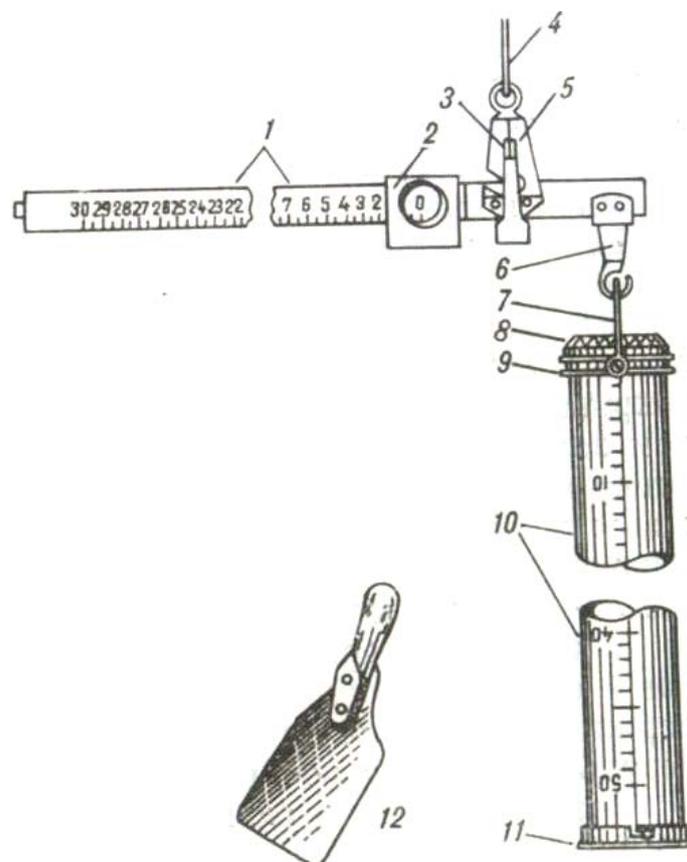


Рис. 6.6. Снегомер весовой:

1 – рейка коромысла; 2 – передвижной груз; 3 – стрелка; 4 – кольцо;
5 – подвес; 6 – крюк; 7 – дужка; 8 – утолщение с режущей кромкой;
9 – передвижное кольцо; 10 – цилиндр; 11 – крышка; 12 – лопаточка

Контроль нуля весов осуществляют при уравнивании их снегозаборником с пустым цилиндром. При этом указатель (риска) на гире должен совпадать с нулем шкалы, в противном случае в показания весов вводят поправку на смещение нуля.

Измерения с помощью снегомера производят в следующем порядке. Проверяют показания весов при взвешивании пустого снегозаборника (эти показания с обратным знаком принимают за поправку при дальнейшем взвешивании). Снимают снегозаборник и, открыв крышку, отвесно погружают его режущей кромкой в снег.

Если снежный покров меньше 60 см, то, погрузив цилиндр в снег до соприкосновения его нижнего края с поверхностью почвы, отсчитывают высоту снежного покрова по шкале цилиндра (для контроля перед взятием пробы толщину снежного покрова определяют

также с помощью переносной рейки). Затем закрывают крышку и лопаткой, входящей в комплект снегомера, счищают снег с одной стороны заборника, аккуратно подсовывают ее под его режущий край так, чтобы весь снег, находящийся в цилиндре, там остался. Не отнимая лопатки, вынимают заборник из снега и переворачивают его крышкой книзу.

Очищают заборник от приставшего снаружи снега, подвешивают его за дужку к крючку весов (став спиной к ветру) и, держа в руке весы за кольцо, взвешивают заборник со снегом; результат записывают (число делений шкалы весов).

Расчет плотности (ρ) снега определяется по массе (m) и объему (v) его пробы. Масса взятой пробы равна $5n$, где n – число делений, отсчитанных по шкале весов, а 5 – цена деления шкалы весов в граммах. Объем пробы снега вычисляется как произведение площади сечения цилиндра на высоту снежного покрова в точке измерения плотности. Площадь сечения цилиндра составляет 50 см^2 , а высота снежного покрова h (см) представляет собой отсчет по шкале заборника глубины его погружения при взятии пробы снега. Отсюда плотность снега, г/см^3 :

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}. \quad (6.1)$$

В тех случаях, когда снежный покров больше 60 см, весь столб снега вырезают последовательно в несколько приемов. Для определения плотности в этом случае значение h будет равно сумме всех отсчетов высот при взятии проб, а n берется как сумма всех отсчетов по весам. При снегомерных съемках плотность снега измеряют в каждой точке выбранного маршрута снегомерной съемки. Плотность снега измеряют только при высоте снежного покрова не менее 5 см.

По показаниям весового снегомера определяют в граммах массу воды a , которая получится, если вся взятая проба снега растает; объем воды выражается в кубических сантиметрах. Если масса пробы $5n$, значит, на каждые 50 см^2 земной поверхности (площадь сечения снегомерного цилиндра) приходится $5n$ см воды. Разделив полученный объем воды на занимаемую площадь и, умножив результат на 10, получим высоту слоя вода в миллиметрах по формуле (6.2):

$$a = \frac{5n}{50} 10 = n. \quad (6.2)$$

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

На практике важно иметь информацию о количестве воды, которая может образоваться из снега в результате снеготаяния на единицу площади земной поверхности, например, на 1 га.

Для расчетов запаса воды в снеге на 1 га необходимо использовать следующие соотношения. Если на каждые 50 см^2 площади поверхности почвы приходится $5n$ граммов воды, то соответственно на 1 га ($1 \text{ га} = 100\,000\,000 \text{ см}^2$) – $10\,000\,000 n$ граммов, или $10n$ тонн воды. Таким образом, для определения запаса воды в снеге на 1 га используем формулу (6.3):

$$A = 10n, \quad (6.3)$$

где A – запас воды на 1 га, т;

n – число делений на весах снегомера.

Данная информация может быть использована соответствующими службами для прогнозирования такого опасного метеорологического явления, как весенний паводок.

Определение высоты и плотности снежного покрова производится на специально выбранных площадках и по маршрутам. Характер площадок и маршрутов, а также сроки производства измерений определяются «Наставлением...» (1985 г.). Измерения высоты и плотности снежного покрова и все необходимые при этом вычисления записываются в специальной книжке. Порядок проведения снегомерных съемок подробно описан в практической работе № 8.

6.4. Регистрация количества и интенсивности осадков

Непрерывная регистрация осадков позволяет определить их количество, интенсивность и время выпадения. Применяемый на сети самописец-плювиограф может регистрировать только жидкие осадки.

Плювиографом (П-2) измеряют общее количество осадков, выпавших за определенный промежуток времени, и их интенсивность.

Интенсивность осадков принято вычислять в мм/мин с точностью $\pm 0,1$ мм, что требует регистрации количества выпадающих осадков в достаточно большом масштабе. Это обеспечивается специальным устройством плювиографа, позволяющим в нужном масштабе

на одной ленте непрерывно регистрировать выпадающие в течение суток осадки последовательно по частям (по порциям) в 10 мм.

Плювиограф смонтирован в металлическом кожухе цилиндрической формы с открывающейся дверцей (рис. 6.7).

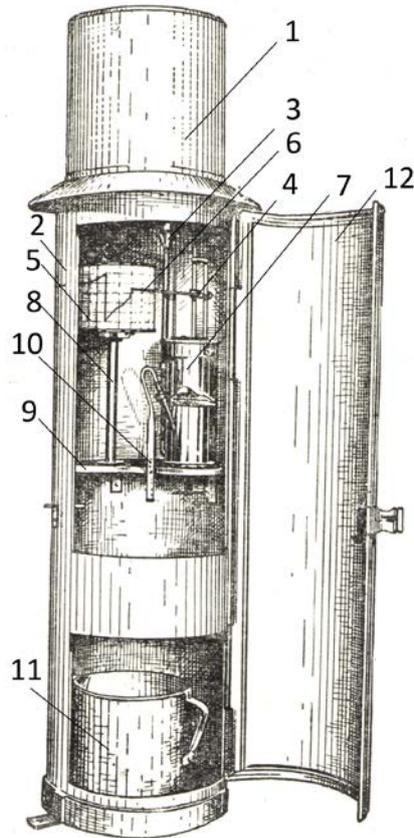


Рис. 6.7. Плювиограф П-2: 1 – приемный сосуд; 2 – кожух; 3 – трубка с воронкой; 4 – механизм принудительного слива; 5 – барабан часового механизма; 6 – перо; 7 – поплавковая камера; 8 – стойка; 9 – плата, 10 – сифон; 11 – водосборный сосуд; 12 – дверца

Приемником осадков служит цилиндрический сосуд 2 с приемной площадью 500 см² (при хранении и транспортировке он закрывается крышкой). Сосуд 2 имеет конусообразное дно, обращенное вниз вершиной, часть сосуда переходит в конус с несколькими отверстиями для стока воды. К дну сосуда припаяна сливная трубка, вставленная в воронку трубки 4, идущей от поплавковой камеры 8, которая с помощью винта укрепляется на плате 10. Внутри камеры находится полый металлический кронштейн со стрелкой, оканчивающейся пером 7.

Поперечное сечение камеры в 9,7 раза меньше сечения приемного цилиндрического сосуда 2. Сбоку камеры 8 имеется трубка, в которую с помощью медной гильзы вставляется стеклянный сифон 11.

На крышке поплавковой камеры 8 смонтирован механизм принудительного слива 5 осадков из поплавковой камеры через сифон. Он обеспечивает начало слива строго при определенном уровне заполнения камеры (определенном количестве осадков в камере) независимо от интенсивности выпадения осадков. На плате 10 укреплен стойка 9 с осью для часового механизма с барабаном 6 для ленты. На дне кожуха стоит водосборный сосуд 12, куда через сифон сливаются осадки из камеры.

Принцип действия плювиографа описан ниже. Осадки, попавшие в сосуд, стекают по сливной трубке цилиндрического сосуда и попадают в камеру. Поплавок, находящийся в камере, всплывает и через систему рычагов поднимает перо. Перо чертит на ленте кривую, угол наклона которой тем больше, чем интенсивнее осадки.

Когда вода в поплавковой камере достигает уровня, на котором находится колено (изгиб) сифона, начинается слив воды из камеры. Когда камера заполняется водой до объема 500 см^3 , автоматически начинает действовать механизм *принудительного* слива, обеспечивая поступление воды через сифон в водосборный сосуд, установленный в нижней части плювиографа. Механизм принудительного слива показан на рисунке 6.8.

Храповое колесо 9 с барабаном (на рисунке не виден) может вращаться вокруг оси, прикрепленной к кронштейну 7 (кронштейн установлен на крышке 13 поплавковой камеры). Нить 5, которая перекинута через ролик 6 и блок 3, одним концом прикреплена к барабану, а другим – к кронштейну. К блоку 3 подвешен груз 2. Если вращать храповое колесо 9 по часовой стрелке, наматывая тем самым нить на барабан, то блок с грузом поднимается вверх.

После этого груз, натягивая нить, стремится повернуть храповое колесо 9 по часовой стрелке. Этому вращению мешает собачка 8, ось которой также прикреплена к кронштейну 7. Собачка соединена с помощью жесткой тяги 4 с рычагом 1, на другом конце которого имеется упорный винт 12. Конец винта 12 находится в поплавковой камере, куда он свободно проходит через отверстие в крышке камеры 13. При заполнении камеры до заданного уровня поплавок 15 всплывает вверх и выталкивает винт 12, который, переместившись вверх, через рычаг 7 и тягу 4 освобождает храповое колесо 9 от собачки 8. Под воздействием груза 2 храповое колесо 9 начинает вращаться против часовой стрелки и, нажав пальцем 10 на упор 11 штока 14, толкает поплавок 15 вниз, частично погрузив его в воду.

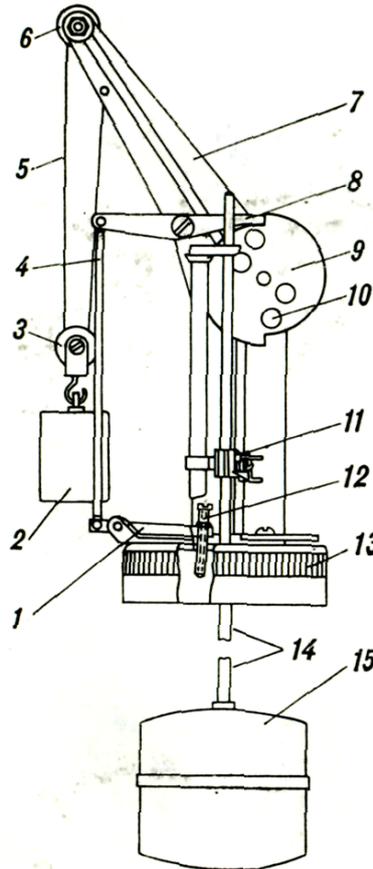


Рис. 6.8. Механизм принудительного слива:

- 1 – рычаг; 2 – груз; 3 – блок; 4 – тяга; 5 – нить; 6 – ролик; 7 – кронштейн;
 8 – собачка; 9 – храповое колесо; 10 – палец; 11 – упор; 12 – винт;
 13 – крышка поплавковой камеры; 14 – шток; 15 – поплавок

При погружении поплавка в воду уровень воды в камере резко повышается. Вода, попадая в сифон 10 (см. рис. 6.7), заполняет камеру и выливается из нее (до полного слива). При сливе воды поплавок опускается и освобождает винт 12 (рис. 6.8); в результате чего освобождается собачка 8, которая возвращается в исходное положение, останавливает за второй зуб колесо 9 (оно успевает повернуться только на 180°). Опускание поплавка влечет за собой опускание пера вдоль образующей барабана. Если случайно при первом погружении поплавок слива воды не происходит, то поплавок снова всплывает, нажимает на упорный винт 12, и операция принудительного слива повторяется.

Регулировка начального момента слива в зависимости от уровня воды в поплавковой камере производится винтом 12 (рис. 6.8) и сифоном 10 (см. рис. 6.7) перемещением его в муфте.

При сливе осадков из поплавковой камеры перо должно опуститься до нулевого деления на ленте; к моменту начала слива перо должно перейти за пятидесятое деление на ленте (соответствующее 10 мм осадков). Осадки, сливающиеся из поплавковой камеры через сифонную трубку, попадают в водосборный сосуд *11* (см. рис. 6.7). Количество их, измеренное мерным стаканом, служит для контроля суммы осадков, зарегистрированных плювиографом.

Плювиограф устанавливается на метеорологической площадке на деревянном столбе и укрепляется с помощью тросовых оттяжек. Крепление должно быть надежным, чтобы исключить вибрацию регистрирующего механизма плювиографа при сильных ветрах и при открывании дверей кожуха во время смены лент и т. д.

Верхний край плювиографа должен находиться на высоте 2 м от поверхности земли и быть в строго горизонтальном положении (проверяется уровнем). На период с температурой воздуха ниже 0 °С плювиограф снимают, подвергают консервации и хранят в помещении станции. Уход за часовым механизмом плювиографа, установка и замена лент на барабане часового механизма производятся таким же образом, как и у других самописцев (например, термографа).

Количество выпадающих осадков регистрируется на специальных диаграммных лентах. На этих лентах нанесены горизонтальные линии (образующие шкалу количества осадков от 0 до 10 мм и ценой деления 0,2 мм), вертикальные линии (образующие шкалу времени в пределах суток с ценой деления 10 мин) и наклонные линии под углом 45°, служащие для оценки интенсивности выпадения осадков. Угол наклона 45° соответствует интенсивности осадков 0,04 мм/мин.

Данные о количестве и интенсивности осадков могут быть получены только после обработки записи на ленте. Обработка производится по записи каждого отдельного дождя (отдельный дождь – продолжающийся с перерывами не более 1 часа) по 10-минутным интервалам. Результаты обработки описывают на ленте в виде колонок из 6 строк. Колонки располагают в соответствующих часовых участках ленты, а строки – на линиях ленты, оцифрованных 1, 2, 6 (по оси ординат) в соответствии с порядковым номером 10-минутного интервала в каждом часе. Для каждого 10-минутного интервала записывают количество осадков, выпавших от начала дождя до конца данного 10-минутного интервала. При определении количества осадков вносят «поправку на слив» (т. е. на погрешность в записи, получаемую

при сливе из-за несовершенства механизма слива). На станциях при обработке лент плювиографа и вычислении интенсивности выпадения осадков пользуются специальными таблицами.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие приборы применяются для измерения жидких осадков?
2. Какие виды наблюдений за снежным покровом вы знаете?
3. Для каких целей применяется снегомер весовой?
4. Какие приборы применяются для регистрации количества и интенсивности осадков?
5. Объем взятой пробы снега составляет $1\ 800\ \text{см}^3$, а вес этой пробы оказался 500 г. Определите плотность снега в точке отбора указанной пробы.

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст] // Метеорологические наблюдения на станциях. – Вып. 3. Ч. 1. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.
4. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения / М.С. Стернзат [Текст]. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 **«Измерение параметров ветра»**

Цель работы – изучить приборы и методы измерения направления и скорости ветра.

Задание – законспектировать материал, зарисовать приборы, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: необходимо знать причины образования ветра в атмосфере, виды воздушных течений, влияние ветра на метеорологические процессы, на лес и влияние леса на ветер.

7.1. Общие сведения

Ветром называют горизонтальные перемещения воздуха относительно земной поверхности. *Скоростью* ветра называют горизонтальную составляющую скорости перемещения воздуха относительно неподвижной точки земной поверхности. На метеостанциях скорость и направление ветра измеряют раздельно двумя разными приборами.

Скорость ветра измеряют в метрах в секунду (м/с), иногда в километрах в час (км/ч). *Направление ветра* – азимут точки, откуда дует ветер – измеряют в угловых градусах или румбах горизонта.

Скорость и направление ветра меняются непрерывно в зависимости от метеорологических условий и характера местности. Мгновенные значения скорости и направления – это неустойчивые характеристики ветра. Они непрерывно колеблются около средних значений, устойчивых в течение достаточно большого отрезка времени.

Скорость ветра принято определять в десятиминутном интервале времени (иногда в двухминутном). Для направления ветра достаточен интервал осреднения, равный 2 мин (1–3 мин). Кроме этого, определяют изменчивость скорости и направления ветра во времени (порывистость ветра).

Скорость и направление ветра на метеостанциях измеряют на высоте 10–12 м от поверхности почвы. Направление ветра в градусах принято отсчитывать, начиная с севера по часовой стрелке. Направление ветра в румбах горизонта определяют по 16-румбовой системе. Для обозначения румбов используются начальные буквы названий сторон света: север (С), юг (Ю), восток (В), запад (З). Иногда используют латинские буквы N, S, W, E. При обозначении промежуточных румбов называют оба румба, между которыми находится данное направление ветра, причем первым по порядку называют основной румб. Основных румбов два: север (С) и юг (Ю).

Таким образом, если направление ветра приходится между югом и западом, то оно обозначается ЮЗ и называется юго-западным. Если направление ветра приходится посередине между ЮЗ и Ю, то его обозначают ЮЮЗ, в первую очередь указывая основной румб Ю, а затем производный ЮЗ.

Приборы, служащие для измерения скорости ветра, называются *анемометрами*; приборы, измеряющие скорость и направление ветра – *анеморумбометрами*, некоторые из них – *ветромерами*. Приборы, регистрирующие скорость ветра, – это *анемографы*, а приборы, регистрирующие скорость и направление, – *анеморумбографы* (или самописцы ветра).

7.2. Приборы местного действия для измерения параметров ветра

Флюгер стационарный (флюгер Вильда)

Флюгер стационарный (флюгер Вильда) является простейшим по устройству и достаточно широко распространенным прибором для измерения скорости и направления ветра. Он позволяет также оценивать степень порывистости и максимальные значения скорости ветра. Чувствительным элементом определения направления ветра в этом приборе является флюгарка, а чувствительным элементом определения скорости – прямоугольная вертикально расположенная пластинка, прикрепленная верхним краем к горизонтальной свободно вращающейся оси. Флюгер состоит из двух узлов (рис. 7.1).

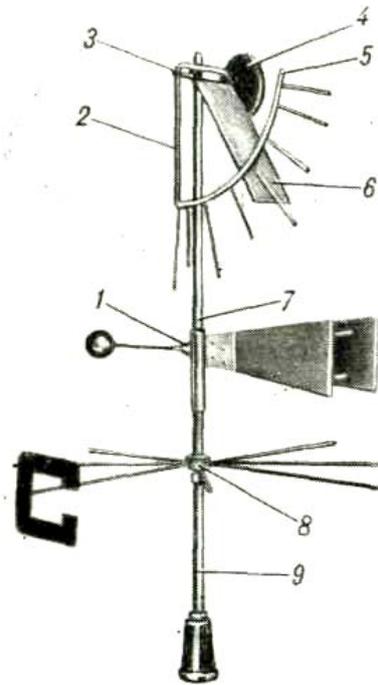


Рис. 7.1. Флюгер стационарный:

1 – флюгарка; 2 – рамка; 3 – горизонтальная ось; 4 – противовес;
5 – дуга со штифтами; 6 – доска; 7 – трубка; 8 – муфта; 9 – вертикальная ось

Один узел неподвижно закреплен на мачте, собран на вертикальной оси 9. На нижнем конце оси для крепления ее к мачте имеется фланец (или винт, патрубков и т. п.). Несколько выше фланца укреплен муфта 8 с восемью радиально расположенными (перпендикулярно оси) штифтами, указывающими направления сторон света.

На конце одного из штифтов укреплен буква С (север). Верхний конец оси 9 заострен; он служит опорой для второго узла.

Второй (подвижный) узел, устанавливаемый по направлению ветра, собран на трубке 7. Внутри трубки в верхнем закрытом конце имеется подпятник. Трубка свободно надевается на ось 9, не касаясь ее поверхности, опираясь только на ее верхний заостренный конец.

Таким образом, весь узел, собранный на трубке 7, если он хорошо сбалансирован, может свободно вращаться вокруг вертикальной оси.

На трубке укреплены флюгарка 1 с противовесом и перпендикулярно ей – несущая рамка 2. В опорах рамки установлена горизонтальная ось 3, к которой прикреплена доска (пластина) 6. Доска может, поворачиваясь вместе с осью, отклоняться от вертикального положения в сторону хвоста флюгарки (движение в обратную сторону ограничено трубкой 7). На рамке 2 имеется дуга 5 с восемью штифтами, которые радиально направлены к оси 3, и противовес 4, балансирующий подвижный узел. Дуга со штифтами, которым присвоены номера от 0 до 7, служит шкалой скорости.

Под воздействием ветра флюгарка устанавливается по направлению ветра. При этом весь подвижный узел поворачивается так, что доска 6 оказывается перпендикулярной направлению ветра и отклоняется на тот или иной угол в зависимости от скорости ветра, устанавливаясь у соответствующего штифта. Направление ветра определяется по положению противовеса флюгарки относительно горизонтальных штифтов (направления сторон света).

Скорость ветра определяется по положению доски (относительно штифтов дуги 5 – указателей скорости) и переводится в метры в секунду с помощью специальной таблицы.

Флюгер устанавливают на таком уровне, чтобы воздушный поток не экранировался окружающими предметами и не искажался ими. На метеорологической площадке его устанавливают на мачте в 10–12 м над поверхностью почвы.

Шкалу направлений ветра следует ориентировать по сторонам света. Для этого букву С ориентируют на астрономический север, который находят по полуденной линии или с помощью магнитного компаса.

Полуденную линию находят по тени от оси флюгера в истинный полдень и отмечают ее несколькими колышками, установленными вдоль тени, или шнуром, натянутым на двух колышках. Для определения линии и меридиана с помощью компаса надо знать угол магнитного склонения в районе метеорологической станции. Встав с южной стороны флюгера в 18–20 м от него и перемещаясь в ту или иную сторону по окружности, в центре которой находится мачта,

определяют положение, при котором визирная линия, проходящая через визирное устройство компаса, проходила бы через мачту, а магнитная стрелка указывала бы угол склонения. Меридианную линию целесообразно отметить (таким же образом, как это указывалось ранее).

Ориентировку шкалы направлений флюгера лучше делать вдвоем. Один становится на меридиане на расстоянии 18–25 м от мачты, второй поднимается на верх мачты к флюгеру и, вывинтив на несколько оборотов штифт с буквой С (рис. 7.1) так, чтобы муфту 8 можно было поворачивать на оси 9, по указанию находящегося внизу наблюдателя поворачивает муфту так, чтобы штифт с буквой С был направлен на север (находясь в плоскости меридиана). В этом положении штифт с буквой С закручивают, закрепляя муфту. Ориентировку флюгера следует периодически проверять.

Измерение направления и скорости ветра по флюгеру: при определении направления ветра по флюгеру наблюдатель должен встать около столба под указателем направления ветра и в продолжение 2 мин наблюдать за положением указателя (противовеса) флюгарки. Флюгарка обычно совершает некоторые колебания. Наблюдателю следует в книжке наблюдений отметить среднее положение, которое занимал указатель за время наблюдений.

Для определения скорости ветра наблюдатель должен отойти от столба флюгера и встать в направлении, перпендикулярном положению флюгарки, чтобы лучше отсчитать по штифтам положение доски.

Учитывая изменчивость скорости ветра (порывистость ветра) при измерениях, надо в течение 2 мин наблюдать за отклонениями доски и отметить ее среднее положение за этот промежуток времени.

Кроме измерения направления и скорости ветра, по флюгеру можно определять и характер ветра (например, ровный ветер, порывистый, меняющий свое направление и т. п.).

Несмотря на простоту конструкции, флюгер требует повседневного надзора и ухода, в противном случае результаты измерений становятся сомнительными. Нужно проверять ориентировку флюгера, исправность работы его флюгарки. При отклонении оси флюгера от вертикального положения трубка задевает нижнюю часть оси, возникает дополнительное трение, и флюгарка неверно показывает направление ветра (особенно при малых скоростях ветра). Ось доски должна поворачиваться без излишнего трения.

Зимой флюгер необходимо очищать ото льда. В темную часть суток флюгер надо освещать. Его можно освещать тремя электрическими лампочками, установленными на верхней части мачты на

60–70 см ниже муфты флюгера и на расстоянии 20–25 см от вертикальной оси флюгера под углом 120°. Электрические патроны надо крепить на кронштейнах.

Осветить флюгер можно также с помощью автомобильной фары либо прожектора, установленного вблизи на высоте 1–1,5 м.

Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом

Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом применяют для измерения средней скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с (обычно за 10 мин). Чувствительный элемент прибора – небольшая вертушка с четырьмя полусферическими чашками 1 (рис. 7.2). Она укреплена на оси 3, оба ее конца упираются в агатовые подшипники.

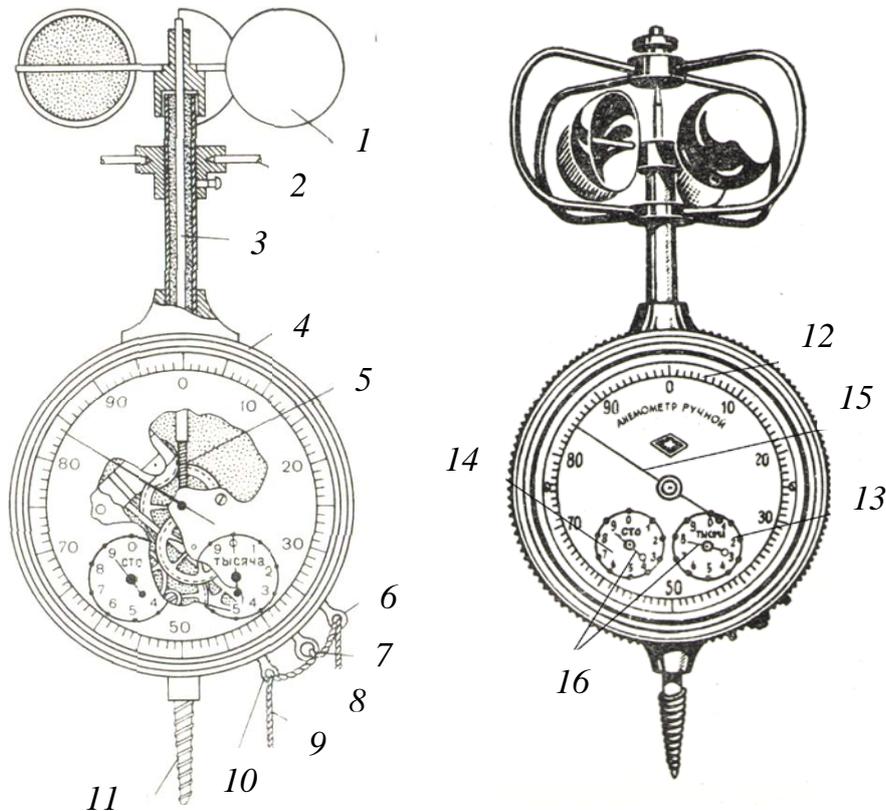


Рис. 7.2. Анемометр ручной чашечный со счетным механизмом:
 1 – чашка; 2 – защитная дужка; 3 – ось; 4 – корпус; 5 – червяк; 6, 10 – кольца;
 7 – рычаг с кольцом; 8, 9 – шнуры; 11 – винт; 12 – шкала центральная;
 13 – шкала малая тысяч оборотов; 14 – шкала малая сотен оборотов;
 15 – стрелка центральная; 16 – стрелки малые

Верхний подшипник оси 3 находится в винте, ввинченном в гнездо вверху защитных дужек 2, нижний подшипник находится внутри корпуса 4.

На нижнем конце оси имеется червяк 5, связывающий ось 3 с входным червячным колесом механического счетчика числа

оборотов. Редуктор счетчика состоит из зубчатых колес и связан со стрелками 15, 16, которые при вращении вертушки перемещаются по шкалам. Центральная шкала 12 имеет 100 делений с ценой деления три оборота (один оборот центральной большой стрелки соответствует 300 оборотам вертушки). Малые шкалы 13, 14 имеют по 10 делений. Цена делений нанесена на шкалах: на левой – 100 оборотов вертушки, на правой – 1 000 оборотов. Сбоку из корпуса 4 выступает рычаг 7 арретира счетчика, поворотом которого по часовой стрелке счетчик включается, против часовой – выключается.

Переключение рычага, когда до него непосредственно нельзя достать рукой, осуществляют шнуром. Для этого на корпусе по обе стороны рычага имеются кольца 6 и 10, через которые протягиваются концы шнура, прикрепленного к кольцу рычага. Потянув шнур за конец, протянутый через кольцо 10, включают счетчик; потянув за конец, протянутый через кольцо 6, выключают его.

Измерение скорости ветра: анемометр с выключенным счетчиком устанавливают на столбе на нужной высоте, ввинчивая винт 11 в верхушку столба или деревянную пробку мачты (иногда измерения производят, держа прибор в вытянутой руке).

Анемометр следует устанавливать вертикально, плоской поверхностью корпуса параллельно направлению ветра (в таком положении анемометр повернется), шкальной стороной к наблюдателю.

Перед началом измерения записывают показания всех трех стрелок (фиксируются показания стрелок на каждой шкале). Через 20–30 с (вращения чашек без включенного счетчика) одновременно включают счетчик и секундомер и через заданное время (обычно 10 мин) выключают и записывают новые показания анемометра. Далее из новых показаний вычитают показания прибора, зафиксированные перед началом измерений. Разность показаний счетчика делят на число секунд, в течение которых производились измерения (10 минут измерения соответствует 600 секундам), таким образом, определяя среднее число делений в секунду.

Среднюю скорость ветра в метрах в секунду находят по градуировочному графику, имеющемуся в поверочном свидетельстве данного анемометра. На вертикальной оси графика находят число делений шкалы, приходящихся на одну секунду. От этой точки проводится горизонтальная линия до пересечения с прямой графика, а из точки пересечения восстанавливается перпендикуляр на горизонтальную ось. Точка пересечения дает искомую скорость воздушного потока в м/сек.

При правильном обращении с прибором и строгом выполнении методики измерений ручной анемометр обеспечивает надежные результаты измерений скорости ветра. Погрешность анемометра равна, м/с:

$$0,3 + 0,05V,$$

где V – значение измеренной скорости.

Через каждые 100 часов эксплуатации анемометр следует подвергать повторной проверке.

Анемометр ручной электронный АРЭ

Анемометр ручной электронный АРЭ (рис. 7.3–7.5) предназначен для измерения скорости ветра. В комплект анемометра входит датчик ветра, пульт, футляр, настоящее руководство по эксплуатации и формуляр. Специальных требований к лицам, эксплуатирующим анемометр, не предъявляется.



Рис. 7.3. Анемометр АРЭ. Общий вид

Анемометр может быть использован для измерения скоростей воздушного потока в системах вентиляции, обогрева, кондиционирования, на автокранах, при метеорологических исследованиях и других целей.

Анемометр предназначен для измерения скорости ветра в нестационарных условиях (от руки в переносном варианте), в любом доступном для человека месте. Диапазон измерения скорости ветра составляет 1–35 м/с.

Порог чувствительности датчика ветра – не более 0,8 м/с. Предел допускаемой абсолютной погрешности составляет $\pm (0,5 + 0,05V)$ м/с, где V – измеряемая скорость ветра.

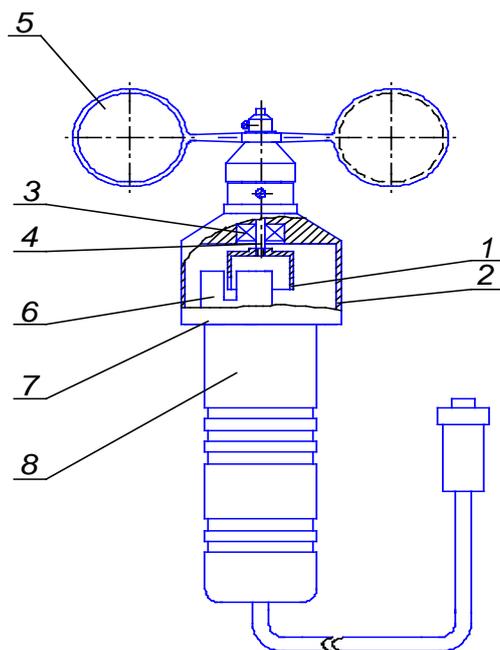


Рис. 7.4. Датчик ветра анемометра:
 1 – обтюратор; 2 – корпус; 3 – подшипник;
 4 – вал; 5 – вертушка; 6 – держатель оптопары; 7 – основание; 8 – ручка

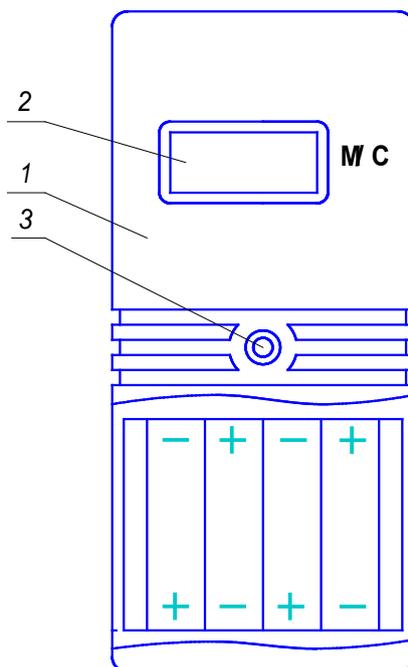


Рис. 7.5. Пульт анемометра:
 1 – корпус; 2 – цифровое табло; 3 – кнопка питания

Питание анемометра осуществляется от 4-х элементов типа 316 или АА общим напряжением (5 ± 1) В. Время непрерывной работы до замены элементов питания составляет не менее 10 часов. Потребляемый ток – 50 мА. Потребляемая мощность – 0,25 Вт.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха – от минус 20 до +50 °С; относительная влажность воздуха при температуре плюс 20 °С – до 98 %; атмосферное давление – 840–1060 гПа.

Анемометр состоит из датчика ветра (см. рис. 7.4) и пульта (рис. 7.5), которые в походном положении размещены в футляре.

Датчик ветра преобразует скорость ветра в частоту следования электрических импульсов. В корпусе 2 датчика ветра на подшипниках 3 установлен вал 4, на котором закреплена вертушка 5. На валу также закреплён обтюратор 1 с 12 пазами. Нижняя часть корпуса представляет собой основание 7, на котором установлены держатель оптронной пары (оптопары) 6 и ручка 8. Внутри ручки расположена печатная плата формирователя импульсов.

Преобразование скорости ветра в частоту следования электрических импульсов осуществляется оптронной парой и обтюратором датчика ветра. Фотодиод и резистор образуют делитель напряжения, который включен на вход операционного усилителя. С выхода усилителя сигнал поступает на компаратор, где превращается в прямоугольный импульс с частотой, пропорциональной скорости ветра.

Датчик ветра подключается к пульту с помощью кабеля с розеткой. Пульт предназначен для преобразования электрических импульсов датчика ветра в значение скорости ветра, отображаемое на цифровом табло пульта. Конструкция пульта приведена на рисунках 7.4, 7.5.

Пульт состоит из двух частей: корпуса и задней стенки. В корпусе 1 расположена печатная плата с однокристальной микроЭВМ и цифровыми индикаторами 2. Кнопка 3 предназначена для включения питания. В нижней части корпуса имеется отсек для установки элементов питания.

Основным элементом схемы пульта является микроЭВМ (фирмы Almel AT89C2051), которая представляет собой процессор, снабженный:

- памятью для хранения команд и данных;
- таймером для отсчета времени;
- регистрами (портами) для управления внешними устройствами и другими блоками.

Для индикации скорости ветра применяются семисегментные светодиодные элементы HG1 и HG2 с общим анодом. Для управления сегментами используются выводы P10–P17 микроЭВМ, которые подключаются к одноименным сегментам через токоограничивающие резисторы.

Работа пульта и в целом анемометра полностью определяется программой, записанной во внутренней памяти микроЭВМ. В процессе эксплуатации вертушка датчика не должна экранироваться от действия ветра телом наблюдателя или другими предметами. После каждого снятия показаний скорости ветра необходимо выключить источник питания. Категорически запрещается обслуживающему персоналу производить разборку и сборку анемометра в учебных целях.

Подготовка изделия к использованию производится в следующем порядке:

1. Извлечь пульт анемометра из футляра.
2. Снять крышку отсека питания (рис. 7.5), отвернуть два винта.
3. Соблюдая полярность, вложить в отсек питания четыре элемента 316 или его зарубежного аналога и закрыть отсек питания крышкой, закрепив ее двумя винтами.
4. Нажать на кнопку 3. Должны загореться нули на цифровом табло пульта.
5. Подключить датчик ветра к пульту и, вращая вертушку рукой, убедиться в работоспособности анемометра.

Показания пульта должны уменьшаться или увеличиваться в зависимости от того, с меньшей или большей скоростью вращать вертушку датчика.

6. Выключить питание анемометра, нажав повторно на кнопку 3, и уложить анемометр в футляр.

Использование изделия производится следующим образом. Анемометр извлечь из футляра, включить кнопкой источник питания и снять показания скорости ветра с цифрового табло пульта через 5–10 с после включения питания, когда вертушка примет скорость вращения, соответствующую скорости ветра.

После снятия показания скорости ветра выключить источник питания и уложить анемометр в футляр. Анемометр требует осторожного обращения во избежание механического повреждения.

В промежутках между измерениями анемометр должен храниться в футляре. Анемометр периодически, не реже одного раза в год, должен подвергаться проверке в аэродинамической трубе. Результаты проверки должны быть записаны в раздел 8 формуляра 416136.004ФО.

Анемометр не реже двух раз в год должен проходить техническое обслуживание. В процессе ТО необходимо проверить:

- окисление контактов;
- исправность электрорадиоэлементов;
- плавность вращения ветроприемника, состояние часовых камер и вертушки.

Элементы питания подлежат замене при падении напряжения до 3В. Анемометр должен храниться в футляре в сухом и проветриваемом помещении при температуре от +10 до +35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

В помещении не должно быть паров кислот или других едких летучих веществ, вызывающих коррозию.

Транспортирование упакованных анемометров производится всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах при температуре воздуха от минус 50 до +50 °С и относительной влажности до 95 %.

Анемометр цифровой переносной

Анемометр цифровой переносной АП1 (рис. 7.6) предназначен для измерения скорости воздушного потока при использовании в различных областях народного хозяйства.



Рис. 7.6. Анемометр цифровой переносной АП1. Комплект прибора:
1 – цифровой измерительный прибор; 2 – устройство выпрямительное зарядное;
3 – первичный измерительный преобразователь АП1-1;
4 – первичный измерительный преобразователь АП1-2; 5 – штанга

В состав прибора входят два первичных измерительных преобразователя. Преобразователь АП1-1 применяется при измерении скорости воздушного потока в диапазоне от 0,3 до 5 м/с (преимущественно внутри помещений) и имеет чувствительность не более 0,2 м/с. Время измерения составляет 5 с. Анемометр с первичным измерительным преобразователем АП1-1 может использоваться при температуре воздуха от минус 10 до +45 °С.

Преобразователь АП1-2 применяется при измерении скорости воздушного потока в диапазоне от 1 до 20 м/с (преимущественно на открытом месте) и имеет чувствительность не более 0,8 м/с. Время измерения составляет 10 с. Анемометр с первичным измерительным преобразователем АП1-2 может использоваться при температуре от минус 20 до +45 °С.

В состав анемометра входят следующие составные части: первичный измерительный преобразователь АП1-1 3, первичный измерительный преобразователь 4 (рис. 7.7), цифровой измерительный прибор 1, устройство выпрямительное зарядное 2, штанга 5.



Рис. 7.7. Первичный измерительный преобразователь АП1-2:
 1 – чашечный ветроприемник; 2 – пластмассовый корпус;
 3 – защитная крестовина; 4 – кабель; 5 – шпилька

Первичный измерительный преобразователь АП1-1 (рис. 7.8) имеет крыльчатый ветроприемник 1, размещенный на полой оси и вращающийся на струне. Принцип работы чувствительного элемента анемометра заключается в преобразовании скорости воздушного потока, вращающего ветроприемник, в число импульсов, которые поступают по кабелю 4 на цифровой измерительный прибор.

Цифровой измерительный прибор преобразует число импульсов в скорость ветра в м/с, которая отображается в индикаторном окне со светофильтром. Несущая конструкция первичного измерительного преобразователя АП1-1 состоит из защитного кольца 2, предохраняющего ветроприемник от механических повреждений и исключаяющего влияние боковых составляющих скорости воздушного потока. Для удобства измерения первичный измерительный преобразователь АП1-1 снабжен рукояткой 3. Основные элементы преобразователя АП1-1 помещены в пластмассовый корпус 5.



Рис. 7.8. Первичный измерительный преобразователь АП1-1:
1 – крыльчатый ветроприемник; 2 – защитное кольцо; 3 – рукоятка;
4 – кабель; 5 – пластмассовый корпус

Соединение первичного измерительного преобразователя АП1-1 с цифровым измерительным прибором осуществляется с помощью трехпроводного кабеля винилхлоридной трубки через специальный разъем.

Первичный измерительный преобразователь АП1-2 (рис. 7.7) имеет чашечный ветроприемник 1, вращающийся на оси двух сапфировых подшипниках скольжения. Применение сапфировых подшипников обеспечивает легкость вращения и высокую чувствительность прибора.

Конструкция первичного измерительного преобразователя АП1-2 состоит из пластмассового корпуса 2 с защитной крестовиной 3 в верхней части для защиты чашечного ветроприемника 1 от механических повреждений. Ось ветроприемника с обтюратором входит в корпус, где размещена плата преобразователя скорости воздушного потока в прямоугольные импульсы.

Соединение первичного измерительного преобразователя АП1-2 с цифровым измерительным прибором осуществляется с помощью

трехпроводного кабеля винилхлоридной трубки через специальный разъем. При измерениях первичные измерительные преобразователи могут устанавливаться на штангу, что позволяет определять скорость в труднодоступных местах и застойных зонах.

Цифровой измерительный прибор выполнен в отдельном корпусе, в котором размещены плата преобразователя с индикаторами, аккумуляторная батарея, разъем для подключения первичных преобразователей АП1-1 или АП1-2 и устройства выпрямительного зарядного. На передней панели корпуса имеется окно со светофильтром для цифровых индикаторов, отверстия для индикаторов режима работы и выключатель напряжения питания. Задняя крышка выполнена в виде съемной кассеты для замены аккумуляторов.

Устройство выпрямительное зарядное служит для заряда аккумуляторной батареи анемометра. В качестве данного устройства используется унифицированный блок питания. Во время хранения и транспортирования составные части анемометра размещаются в футляре.

Время непрерывной работы анемометра при отрицательных температурах не должно превышать 1 часа. Зарядка аккумуляторов должна производиться при температуре окружающего воздуха +15–25 °С.

Кабель для дистанционных измерений имеет длину 10, 20, 28 м и используется при проведении измерений на расстоянии до 30 м. Подключение цифрового измерительного прибора к электрической сети для подзарядки аккумуляторов производится в вертикальном положении прибора штырями вниз во избежание повреждения прибора.

Порядок работы с прибором заключается в следующем. После извлечения из футляра и сборки прибора переключатель напряжения питания переводится в положение «ВКЛ». Через 10 с на цифровом табло должно появиться значение скорости воздушного потока. После проведения измерений напряжение питания необходимо выключить, анемометр разобрать и уложить в футляр.

При работе с первичным измерительным преобразователем АП1-1 запрещено подвергать анемометр воздействию скорости воздушного потока более 5 м/с. В промежутках между измерениями анемометр должен храниться в футляре с отключенным напряжением питания.

Анемометр периодически, не реже одного раза в год, должен подвергаться проверке в аэродинамической трубе.

При заряде аккумуляторов необходимо установить переключатель режима в положение «З», а переключатель напряжения питания – в положение «ОТКЛ», включить прибор в сеть напряжением 220 В и осуществлять зарядку в течение 15 часов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое анемометры, анеморумбометры, анемографы и анеморумбографы?
2. Для чего применяется флюгер Вильда?
3. Какой прибор для измерения скорости ветра является более точным: флюгер или анемометр?
4. Какими показателями характеризуется ветер?
5. В таблице 7.1 приводятся средние многолетние данные повторяемости направления ветра (в процентах) в дневные и ночные часы января и июля по метеостанции в Алма-Ате. По указанным данным необходимо построить 4 розы ветров: за дневные часы января, за дневные часы июля, за ночные часы января, за ночные часы июля. Полученные графики розы ветров за разные сезоны и время суток необходимо проанализировать, сравнив различия в ветровом режиме в дневные часы января и июля, в ночные часы января и июля, а также в дневные и ночные часы января и в дневные и ночные часы июля.

Таблица 7.1

Средние многолетние данные повторяемости направления ветра

Месяц	Повторяемость направлений ветра, %															
	День								Ночь							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	5	4	9	37	21	16	5	3	4	14	4	1	21	15	17	10
Июль	1	2	4	76	3	2	1	1	21	26	5	8	8	10	8	14

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Наставление метеорологическим станциям и постам [Текст] // Метеорологические наблюдения на станциях. – Вып. 3. Ч. 1. – Л.: ГИМИЗ, 1985. – 300 с.
4. Стернзат, М.С. Метеорологические приборы и измерения [Текст] / М.С. Стернзат. – Л.: ГИМИЗ, 1978. – 392 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

«Изучение снегового режима в лесах»

Цель работы – изучить методику проведения снегомерных съемок, глазомерных наблюдений за таянием снега, а также методику обработки результатов.

Задание – провести полевые работы по сбору материалов снегомерных наблюдений, камеральную обработку результатов, составить отчет по работе, ответить на контрольные вопросы.

Предварительная подготовка: изучить методику выполнения работ, приборы для измерения высоты снежного покрова и плотности снега.

8.1. Проведение снегомерных съемок

Работы по изучению снегового режима в лесах проводятся в 3 этапа:

- 1) выбор пунктов наблюдений;
- 2) производство наблюдений;
- 3) обработка полученных материалов.

Снегомерные наблюдения должны проводиться по единой методике. Для изучения снегового режима в лесах применяется методика С.И. Мурашова и В.И. Рутковского (1940).

На основании материалов лесоустройства в насаждениях древесных пород, наиболее распространенных для района исследования, выбирают ключевые участки количеством не менее трех.

Для проведения наблюдений следует руководствоваться принципом контрастности, выбирая чистые одноярусные насаждения, смешанные одноярусные и двухъярусные с различной полнотой. По возрасту желательно подбирать молодняки и спелые; по производительности – насаждения высших и низших классов бонитета.

Для выявления влияния сплошных рубок на снеговой режим выбирают лесосеки разной ширины и нетронутые рубкой участки леса, близкие по таксационным показателям к насаждениям до рубки на лесосеке (контроль).

Вблизи лесосеки контрольные участки подобрать трудно. На расстоянии от нее не менее 80–100 м (параллельно длинной стороне лесосеки) в нетронутой рубкой части квартала закладывается профиль протяженностью 0,5 км. При выборе места для закладки профиля

необходимо делать так, чтобы последний проходил в насаждениях, аналогичных вырубленным. В качестве примерных вариантов выбора участка можно предложить следующие варианты:

Вариант 1:

а) молодняк полнотой 0,8–1,0;

б) спелый древостой полнотой 0,8–1.

Вариант 2:

а) спелый древостой полнотой 0,8–1, с долей сосны в составе 8–10 единиц;

б) спелый древостой полнотой 0,8–1, с долей сосны в составе 1–5 единиц, остальное – лиственные породы либо чисто лиственное насаждение;

в) лесная поляна;

г) открытое пространство: южный склон, северный склон, примерно горизонтальные (плакорные) участки.

Необходимо составлять такие варианты, которые ближе всего отвечали бы исследуемому массиву (при наличии возможностей число участков следует увеличить, комбинируя состав, возраст и полноту).

Намеченные участки не должны быть захламлены, так как это отражается на точности измерений; следует также воздержаться от участков, где снег лег на густой травяной покров; участки, непосредственно примыкающие к нелесным площадям, также непригодны для наблюдений.

Участки могут быть выбраны с кустарниками или без них, что и должно быть отмечено в описании насаждения, с указанием породы и густоты кустарников.

Перед началом снегомерных измерений на каждом выбранном участке в лесу и на полянах провешивают параллельные линии общей длиной около 150 м, с расстоянием между линиями не менее 10 м. Линии закрепляются пронумерованными вешками, устанавливаемыми через 5 м одна от другой (рис. 8.1).

На открытом пространстве выбирают три участка: по одному на северном и южном склонах и третий – на горизонтальной поверхности. На открытых участках разбивка профилей производится так же, как и на лесных.

Общее число точек для определения высоты снега на каждом участке должно быть равно 30 (об исключениях из этого правила см. ниже).

Лесные поляны для исследований выбирают среди средневозрастного или спелого леса, а не среди молодняков. Участок леса,

окружающий поляну, должен быть по возможности однородным. На лесных участках профили не должны быть ближе 15 м от границ выдела; на полянах профили должны пересекать их от одной стены леса до другой.

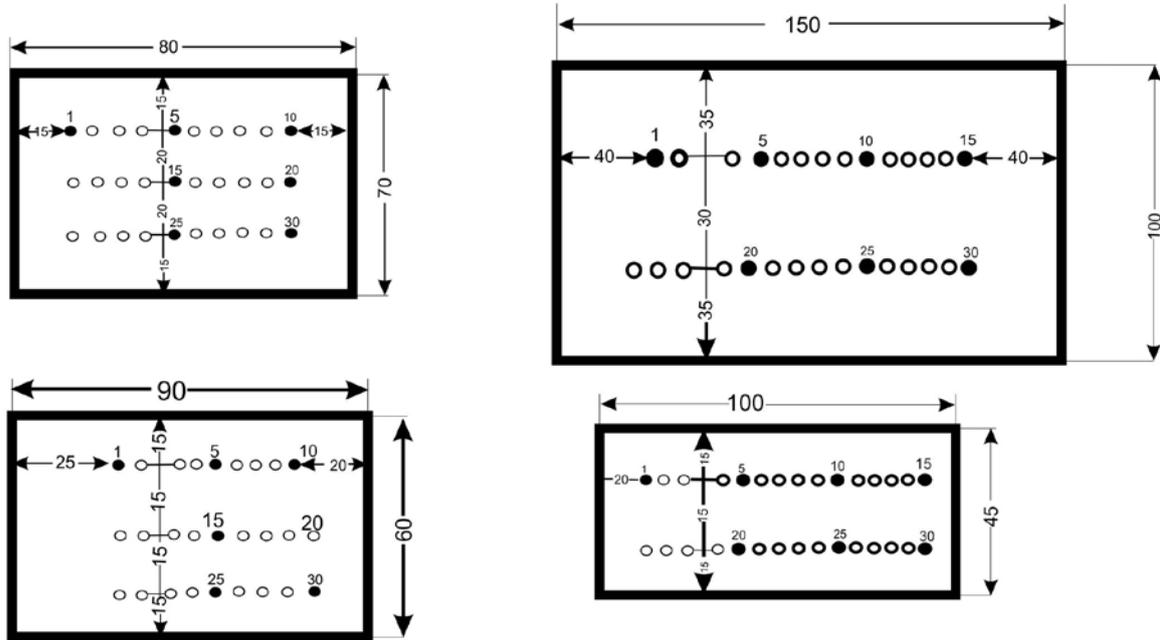


Рис. 8.1. Схема расположения снегомерных профилей в зависимости от размеров участков:

- – точки определения высоты снегового покрова;
- – точки определения плотности снега

Снегомерные профили должны проходить там, где снеговой покров не нарушен, т. е. в стороне от дорог, просек и т. д.

На сплошных лесосеках для изучения влияния ширины на снеговой режим нужно закладывать снегомерные линии (профили) поперек лесосеки в количестве не менее 2-х на каждой лесосеке; на каждом профиле для первых наблюдений должно быть примерно 30 пунктов определений высоты снега. При описании лесосеки (табл. 8.1) необходимо указывать направление лесосеки в отношении сторон света.

В примечаниях к таблице 8.1 указывается, насколько равномерно распределяются на участках растущие деревья, подлесок, подрост и т. д.

Снегомерные наблюдения должны начинаться с момента образования снегового покрова и продолжаться до полного схода снега.

Таблица 8.1

Характеристика снегомерного участка № _____

(наименование участка)

Лесничество, № квартала, № выдела	Площадь участка, га	Экспозиция склона	Уклон, град	Расстояние от опушки, м	Состав древостоя	Преобладающая порода	Класс возраста и возраст древостоя, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета / тип леса	Относительная полнота	Запас на 1 га, м ³		Подлесок			Живой напочвенный покров				Лесная подстилка			
												сырорастущей древесины	сухостоя	Состав	Густота	Средняя высота, м	Травяной	моховой, лишай- никовый	Проективное покрытие почвы, %	Средняя высота, см	Проективное покрытие почвы, %	Средняя высота, см	Степень покрытия почвы, %	Мощность, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		

Примечания:

1. Рельеф: макро: _____, мезо: _____, микро: _____
2. Почва: _____
3. Характеристика окружающего ландшафта (лесная формация, квартальная просека, опушка, прогалина, дорога, высоковольтная линия, коридор коммуникаций) _____

В период снегонакопления (до начала весеннего снеготаяния) съемки должны проводиться регулярно 1, 11, 21 числа каждого месяца. Кроме того, съемки проводятся в первый же день оттепели и в день наступления отрицательных температур воздуха после сильных оттепелей, продолжающихся не менее 2-х дней.

Если в указанные выше числа происходит сильный снегопад, то съемки переносятся на первый день после окончания снегопада.

В период весеннего снеготаяния снегомерные съемки необходимо проводить с периодичностью 3–5 дней, причем заканчиваться наблюдения должны к 12 часам. Начало и окончание периода весеннего снеготаяния определяется по результатам визуальных наблюдений. Первый раз измерения снегового покрова производятся точно по выбранному профилю.

Каждый следующий раз измерения проводятся по линиям, несколько сдвинутым в сторону – вправо и влево от профиля. Точки, в которых следует вести измерения на сдвинутых линиях, должны находиться напротив таковых на профиле, намеченном в начале наблюдений.

Производить наблюдения все время по одному профилю не разрешается, так как после проведения съемок снеговой покров становится уже нарушенным (остаются следы ходьбы, лыжни, места промеров глубины снега и места взятия проб для взвешивания).

Высота снегового покрова измеряется снегомерной рейкой, разделенной на сантиметры. Если рейка деревянная, то нижний конец ее следует делать острым (затеска с 2-х сторон) и обивать жестью. Нуль рейки должен совпадать с ее острым концом; длина рейки – около 1,5 м, толщина – около 3 см и ширина около 5 см (деревянную рейку можно сделать из обыкновенного бруска).

Промер высоты снега делается следующим образом: рейку погружают в снег отвесно заостренным концом до поверхности почвы и проводят отсчет по рейке того уровня, на котором находится поверхность снега.

При отсчете высоты снега по рейке положение глаза должно быть как можно ближе к поверхности снега. Значения высоты снега округляются до целых сантиметров.

В двух-трех точках по профилю надо убедиться, что рейка действительно дошла до поверхности почвы, но не входила в саму почву. Для этого, не вынимая рейки, разгребают около нее с другой стороны снег и смотрят, как расположен конец рейки по отношению к поверхности почвы.

Если при разгребании снега обнаруживается, что поверхность почвы покрыта травой, то за поверхность почвы следует считать плоскость подошвы при обычном надавливании ногой на то место, где ставится рейка. В тех пунктах, где будет обнаружен высокий травяной покров, необходимо дополнительное определение плотности снега (см. раздел «Определение плотности снега»), поскольку травяной покров может влиять на величину плотности снега.

Измерение высоты снега в каждом пункте целесообразно проводить два раза (для контроля), причем второй раз высоту снега следует определять около точки первого измерения (в 1–2 шагах), обязательно на ненарушенном снеговом покрове.

Каждое из этих двух измерений записывают в таблицу 8.2, в гр. 2 и 3 отдельно (если при этом в какой-либо точке снега не будет, то вписывают цифру 0).

Таблица 8.2

Результаты снегомерных наблюдений

№ снегомерного участка _____

Дата наблюдений _____

№ пунктов наблюдений на участке	Высота снега по рейке, см		Показания снегомера				Толщина ледяной корки или высота слоя воды под снегом, <i>l</i> , см		Примечание
			1-е измерение		2-е измерение				
	Точка № 1	Точка № 2	Высота снега <i>h</i> , см	Показания весов <i>n</i> , г	Высота снега <i>h</i> , см	Показания весов <i>n</i> , г	1-е измерение	2-е измерение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Если под снегом имеется ледяная корка, то в местах определения плотности следует пробить лед до поверхности почвы, измерить точнее его толщину и результат записать в гр. 8 таблицы 8.2 (например так: «лед 1,0 см»).

Если под снегом есть вода, то высота ее слоя в местах определения плотности снега измеряется снегомерной рейкой, результат указывается также в гр. 8 таблицы 8.2 (например так: «вода 2 см»). Плотность снега определяется путем взвешивания его проб не менее чем в 7 пунктах по каждому профилю.

Взвешивание снега производится с помощью снегомера весового. Отбор проб снега и их взвешивание в каждой из точек профиля выполняется для контроля два раза.

Как и повторные измерения высоты снега, повторные отборы проб снега на взвешивание производятся около точек первых проб (в 1–2 шагах) из ненарушенного снегового покрова. Работа по определению плотности снега снегомером производится следующим образом:

1) перед каждым измерением плотности необходимо проверить правильность показаний весов путем установки передвижного груза на нуль весов. Прибор считается исправным, если показания весов при взвешивании пустого цилиндра с крышкой соответствуют нулю. Цилиндр, закрытый с одной стороны крышкой, опускают зазубренным краем в снег и продавливают до поверхности почвы;

2) не поднимая цилиндра, отсчитывают по шкале высоту снега около него. После этого, не поднимая цилиндра, отгребают от него снег, подводят под цилиндр снегомерную лопатку таким образом, чтобы не высыпался снег, и, придерживая этой лопаткой, переворачивают цилиндр торцом, режущей кромкой вверх;

3) цилиндр подвешивают на крюк коромысла весов, а затем, перемещая передвижной груз, уравнивают коромысло (т. е. создают положение, когда коромысло становится горизонтально); после этого делают отсчет целых делений по шкале коромысла;

4) результаты отсчета в целых делениях пересчитывают в граммы путем умножения на цену деления (5 г) и записывают в таблицу 8.2, в графу 5 (на точке № 1) и в графу 7 (на точке № 2);

5) если высота снега будет больше высоты цилиндра, то взвешивание производится в несколько приемов; первый раз берут цилиндром верхний слой снега. Определив высоту и вес этой верхней взятой пробы, в том же месте подобным же приемом определяют плотность и толщину нижних слоев снега.

В таблице 8.2 записывают результаты каждого отдельного взвешивания и определения высоты (отсчеты для нижней пробы – под отсчетами для верхней). При наличии под снегом ледяной корки или воды их мощность определяется во всех точках измерения плотности снега с точностью до 1 см.

Если под снегом имеется слой воды, то при определении плотности снега необходимо до взвешивания цилиндра дать возможность стечь воде. Для этой цели цилиндр после взятия пробы и перевертывания держат на весу до окончания стекания воды струйкой и только после этого производят взвешивание.

8.2. Глазомерные наблюдения за таянием снега

Результаты глазомерных наблюдений за таянием снега в лесу и на открытых местах записывают в таблицу 8.3.

Таблица 8.3

Таблица глазомерных наблюдений за таянием снега

Наименование лесничества _____

Год наблюдений _____

№ пунктов наблюдений	Характеристика участков наблюдения (насаждений, полян, открытых пространств и т. п.)	Появление первых проталин, дата	Освобождение половины площади от снега, дата	Полное освобождение от снега, дата	Наличие поверхностного стока
1	2	3	4	5	6

Примечания:

1. В первой графе указывают таксационную характеристику насаждений, размер открытых пространств, экспозицию участков, характеристику окружающих пространств (выбирают участки, характерные для данного района).
2. Во второй графе указывают дату появления первых проталин на различных участках.
3. В третьей графе указывают даты освобождения половины площади участка от снега на тех же участках.
4. В четвертой графе указывают даты полного освобождения от снега.
5. В пятой графе указывают наличие поверхностного стока (есть или нет).

8.3. Первичная обработка результатов снегомерных съемок

Имея в результате непосредственных измерений снегового режима данные о высоте снегового покрова и о весе образца (пробы) снега, заключенного в снеговом цилиндре, вычисляют средние значения высоты и плотности снега. Вычисление плотности снега, а также запасов воды в снеге производится по формулам (6.1–6.3).

Для определения средней высоты снегового покрова в каждом пункте наблюдения берут значения высоты из графы 2 и 3 в таблице 8.2 (включая и те точки, где высота снега равна нулю), суммируют и делят на 2, а результаты записывают в таблице 8.4.

Плотность снега в каждом пункте его взвешивания целесообразно определять по номограмме (рис. 8.2). Номограмма построена, исходя из отношения

$$p = n / h,$$

где n – отсчет по весам (число делений),

h – высота снега.

Таблица 8.4

Первичная обработка данных о высоте снегового покрова,
плотности и запасе воды в снеге

Адрес пункта исследования _____ Участок № _____
(место для адреса)

Дата наблюдения _____

№ пунктов наблю- дений	Средняя высота сне- гового по- крова (среднее из графы 2 и 3 табл. 8.2), см	Плотность снега (p), г/см ³				Толщина ледяной корки (средняя из пар цифр гр. 8, 9 табл. 8.2), см	При- меча- ние
		№ пунктов наблю- дений на участке	По графам				
			4 и 5 табл. 8.2	6 и 7 табл. 8.2	Сред- няя		
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
...							
n							
Сумма	Σh				Σp	Σl	
Среднее значение	h_{cp}				p_{cp}	l_{cp}	

Шкала h номограммы содержит значения высоты снега в санти-метрах.

Номограммы – простой и удобный способ получения итогов цифровых результатов различных подсчетов, совершенно исключающий надобность в аналитических действиях (арифметических, алгебраических и т. п.).

Например, номограмма на рисунке 8.2 дает возможность, зная отсчет по весам n (вес пробы снега) и мощность снегового покрова в этой точке h , находить плотность снега. Для этого нужно на шкале n взять точку, соответствующую отсчету n , например, 120, а на шкале h – взять точку, соответствующую отсчету h , например, 40 см, положить линейку, как указано на рисунке 8.2 (положение ее обведено пунктиром). В результате по шкале p край линейки позволит прочитывать результат, т. е. величину плотности 0,3.

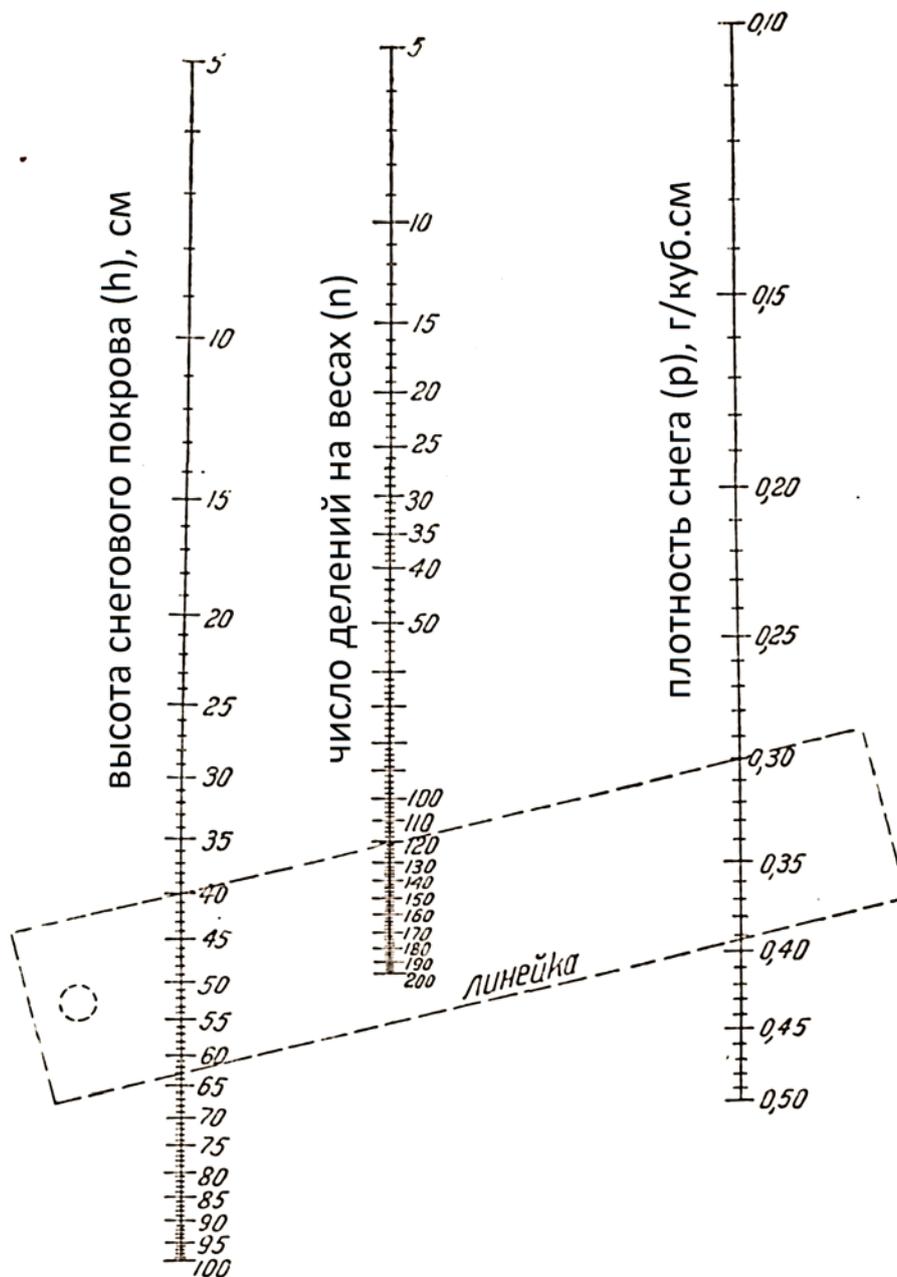


Рис. 8.2. Номограмма для определения плотности снега (p)

Например, если $n = 125$, а $h = 50$, то отсчет по шкале p будет равен 0,25. Для определения плотности снега по номограмме, используют цифры из граф 4–7 таблицы 8.2.

Результаты подсчетов плотности вносят в таблицу 8.4, в графы 4 и 5. Далее вписывают цифры из графы 6, как средние из цифр граф 4 и 5. Далее по графам 2, 6, 7 находят суммарные значения высоты снегового покрова (Σh), плотности снега (Σp) и толщины ледяной корки (Σl). Для вычисления средних значений указанных показателей делим суммарные значения на количество пунктов наблюдений.

После того как будут вычислены в таблице 8.4 средние значения h_{cp} и p_{cp} находят среднюю величину слоя воды в снеге n_{cp} , соответствующее числу делений весов. Это определение проще всего сделать по номограмме рисунка 8.2, заменяющей подсчет по формуле:

$$n_{cp} = h_{cp} p_{cp}.$$

Например, если $h_{cp} = 52$ см, $p_{cp} = 0,25$, то получим $n_{cp} = 130$ мм. К этой величине нужно прибавить запас воды в ледяной корке, который можно приравнять к средней ее высоте (в мм), умноженной на 0,8, и слой воды под снегом, равный средней высоте ледяной корки в мм (если корка и вода имеются под снегом).

Для вычисления запаса воды в снеге в тоннах на 1 га полученное значение средней высоты слоя воды в снеге n_{cp} следует умножить на 10.

Контрольные вопросы и задания

1. С помощью каких приборов можно определить высоту снежного покрова?
2. Какие характеристики снежного покрова можно определить с помощью весового снегомера?
3. По результатам проведенных снегомерных съемок сделайте выводы о факторах, влияющих на характер снегонакопления и снегораспределения на исследуемых лесных участках.

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Мурашов, С.И. Методика изучения снегового режима в лесах [Текст] / С.И. Мурашов, В.И. Рутковский. – М.: ВНИИЛХ, 1940. – 32 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 «Решение метеорологических задач»

Цель работы – освоить методику решения и оформления метеорологических задач.

Задание – переписать условия задач, оформить результаты расчетов с обязательным указанием единиц измерения.

Предварительная подготовка: изучить теоретический материал по темам задач.

Задача 1

Рассчитайте интенсивность прямой солнечной радиации у земной поверхности при коэффициентах прозрачности атмосферы (p) и углах Солнца над горизонтом (h_0), приведенных в таблице 9.1. Решайте вариант, назначенный преподавателем.

Таблица 9.1

Коэффициенты прозрачности атмосферы и
углы Солнца над горизонтом

Номер варианта	p	h_0	Номер варианта	p	h_0
1	0,60	10	6	0,85	10
2	0,65	0	7	0,70	1
3	0,70	30	8	0,75	30
4	0,75	60	9	0,65	60
5	0,80	30	10	0,70	60

Интенсивность прямой солнечной радиации у земной поверхности находится по формуле Буге:

$$S = S_0 p^m, \quad (9.1)$$

где S – интенсивность солнечной радиации у земной поверхности, кВт/м²;

S_0 – солнечная постоянная, 1,38 кВт/м²;

p – коэффициент прозрачности атмосферы;

m – условная оптическая масса атмосферы.

Условная оптическая масса атмосферы (m) при положении Солнца в зените принята за единицу. Условная оптическая масса атмосферы при разной высоте Солнца над горизонтом приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2

Условная оптическая масса атмосферы
при разной высоте Солнца над горизонтом

Показатель	Значения					
Высота Солнца над горизонтом, h_0 (град.)	90	60	30	10	1	0
Условная оптическая масса атмосферы, m	1,0	1,2	2,0	5,6	27,0	35,4

Коэффициент прозрачности атмосферы показывает, какая часть потока солнечной радиации достигает земной поверхности при положении Солнца в зените, когда солнечные лучи проходят одну условную оптическую массу атмосферы. Значение коэффициента прозрачности может меняться в значительных пределах в зависимости от содержания в воздухе поглощающих газов, в основном водяного пара и аэрозолей. В реальной атмосфере его значение колеблется от 0,5 до 0,9.

Условная оптическая масса атмосферы m находится для заданного угла Солнца над горизонтом (h_0) и подставляется в формулу Буге.

Задача 2

Рассчитать показатели, характеризующие влажность воздуха (парциальное давление водяного пара, упругость насыщения, абсолютную и относительную влажность воздуха, дефицит влажности и

точку росы) по данным измерений психрометрами. Величины температур воздуха по сухому (t), смоченному (t_1) термометрам и давление воздуха приведены в таблице 9.3. Номер варианта устанавливает преподаватель.

Таблица 9.3

Температуры воздуха по сухому и смоченному термометрам и давление воздуха

Номер варианта	Температура воздуха, °С		Давление воздуха, гПа (P)	Тип психрометра
	Сухой термометр (t)	Смоченный термометр (t_1)		
1	18,5	13,2	1011	Станционный
2	20,7	15,8	1016	Станционный
3	4,1	1,8	1011	Станционный
4	6,3	4,2	1020	Аспирационный
5	8,1	6,3	1013	Аспирационный
6	12,2	8,3	980	Аспирационный
7	13,0	10,8	987	Станционный
8	18,0	14,0	993	Станционный
9	20,6	17,5	1000	Станционный
10	23,1	21,2	1007	Станционный

Определение показателей, характеризующих влажность воздуха, начинается с расчета *парциального давления водяного пара* (e) по формуле (гПа):

$$e = E_1 - AP(t - t_1), \quad (9.2)$$

где E_1 – давление насыщенного пара при температуре смоченного термометра, гПа (определяется по прил. 5);

A – коэффициент, зависящий от скорости ветра: для станционного психрометра $A = 0,0008$, для аспирационного психрометра $A = 0,00066$;

P – атмосферное давление, гПа;

t – температура воздуха (по сухому термометру), °С;

t_1 – температура испаряющей поверхности (по смоченному термометру), °С.

Абсолютную влажность воздуха (a) находят по формуле (г/м³):

$$a = \frac{0,8e}{1 + a}, \quad (9.3)$$

где e – парциальное давление водяного пара, гПа;

α – коэффициент температурного расширения воздуха, равный 0,00366.

Относительную влажность воздуха (r , %) находят по формуле:

$$r = \frac{e}{E} 100 \% , \quad (9.4)$$

где e – парциальное давление водяного пара, гПа;

E – упругость насыщения водяного пара, гПа.

Дефицит влажности (d , гПа) определяется по формуле:

$$d = E - e. \quad (9.5)$$

Точка росы (τ , °С) – температура, при которой находящийся в воздухе водяной пар достигает насыщения. Для определения точки росы необходимо в таблице упругости насыщения (прил. 5) найти упругость насыщения, равную абсолютной влажности воздуха a , и взять температуру, которой она соответствует. Эта температура будет точкой росы.

Задача 3

Рассчитать показатели, характеризующие влажность воздуха, по данным измерений температуры воздуха сухим термометром и относительной влажности воздуха волосным гигрометром. Данные приведены в таблице 9.4. Решайте вариант, выданный преподавателем.

Таблица 9.4

Температура воздуха по данным измерений сухим термометром
и относительная влажность воздуха по данным измерений
волосным гигрометром

Номер варианта	Температура воздуха, °С (t)	Относительная влажность, % (r)
1	-7,5	87
2	-10,9	95
3	-15,5	84
4	-13,4	79
5	-11,3	75
6	-7,5	77

Окончание табл. 9.4

Номер варианта	Температура воздуха, °C (<i>t</i>)	Относительная влажность, % (<i>r</i>)
7	-8,4	81
8	-6,5	85
9	-1,4	88
10	-2,3	92

Определение показателей, характеризующих влажность воздуха, начинается с расчета *парциального давления водяного пара* (*e*) по формуле (гПа):

$$e = \frac{Er}{100}, \quad (9.6)$$

где *E* – упругость насыщения при температуре сухого термометра *t* определяется по приложению 5;

r – относительная влажность воздуха, %.

Абсолютная влажность воздуха (*a*, г/м²), *дефицит влажности* (*d*, гПа) находятся по формулам (9.3), (9.5). *Точка росы* (*τ*, °C) находится по приложению 5 способом, описанным в задаче 2.

Задача 4

По данным, приведенным в таблице 9.5, рассчитайте атмосферное давление на уровне моря. Решайте вариант, выданный преподавателем.

Таблица 9.5

Давление и температура воздуха
на различной высоте над уровнем моря

Номер варианта	Высота метеостанции, <i>h</i> , м	Давление воздуха на метеостанции, <i>P</i> , гПа	Температура воздуха на метеостанции, <i>t</i> , °C
1	300	999,9	12
2	250	993,2	8
3	200	986,6	12
4	250	979,9	12
5	300	973,2	11
6	250	979,9	16
7	200	986,6	14
8	350	993,2	18

Номер варианта	Высота метеостанции, h , м	Давление воздуха на метеостанции, P , гПа	Температура воздуха на метеостанции, t , °С
9	200	999,9	20
10	300	1006,6	9
11	150	993,0	10
12	200	982,5	13
13	250	980,0	15
14	300	975,8	7
15	350	970,0	17
16	400	968,6	10
17	200	990,7	15
18	250	988,0	11

Атмосферное давление представляет собой силу, с которой воздух действует на единицу поверхности. Единицей давления в системе СИ является паскаль (Па). Он равен силе в 1 ньютон (Н), действующей равномерно на площадь 1 м^2 . На практике переводить паскали в ньютонны лучше всего с помощью формулы веса:

$$P = mg, \quad (9.7)$$

где P – давление воздуха на метеостанции, гПа;

m – масса, кг;

g – ускорение свободного падения, равное $9,8 \text{ м/с}^2$.

Сила, с которой один килограмм массы давит на поверхность Земли, составляет: $P = mg = 1 \text{ кг} \times 9,8 \text{ м/с}^2 = 9,8 \text{ кг} \times \text{м/с}^2 = 9,8 \text{ Н}$.

В метеорологии давление обычно выражают в гектопаскалях (гПа): $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па} = 1 \text{ мб} = 0,75 \text{ мм рт. столба}$.

Атмосферное давление на любом уровне в атмосфере определяется весом столба воздуха единичного сечения высотой от этого уровня до верхней границы атмосферы.

В среднем масса столба воздуха сечением 1 м^2 и высотой от уровня моря до верхней границы атмосферы равна $10\,333 \text{ кг}$, вес – $10\,333 \times 9,806 \text{ Н} = 101\,325 \text{ Н}$.

Давление, соответствующее этому весу, составит $101\,325 \text{ Па}$, или $1\,013,25 \text{ гПа}$, или 760 мм рт. ст. ($1\,013,25 \times 0,75$). Такое давление называют нормальным.

С высотой давление уменьшается. Чтобы сравнить наблюдения над давлением воздуха, полученные на разных высотах, давление приводят к уровню моря с помощью формулы барической ступени.

Барическая ступень (n) – это высота, на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 гектопаскаль. Она показывает количественное изменение давления воздуха с высотой, выражается в м/гПа и определяется по формуле:

$$n = \frac{8000}{P_{cp}} (1 + \alpha t_{cp}), \quad (9.8)$$

где P_{cp} – среднее давление слоя воздуха между двумя уровнями, гПа;

α – термический коэффициент расширения газов, равный приближенно 0,004;

t_{cp} – средняя температура слоя, °С.

Давление воздуха на уровне моря ($P_{ум}$) определяется по формулам:

$$P_{ум} = P + \Delta P, \quad (9.9)$$

$$\Delta P = \frac{h}{n}, \quad (9.10)$$

где P – давление воздуха на уровне станции, гПа;

ΔP – разница в давлениях воздуха на уровне моря и на уровне станции, гПа;

h – высота станции над уровнем моря, м.

Для нахождения точного значения барической ступени определяют среднее давление (P_{cp}) и среднюю температуру (t_{cp}) слоя воздуха между уровнями моря и станции.

Для определения среднего давления между уровнями (P_{cp}) сначала находят приближенное значение барической ступени (n') по формуле:

$$n' = 8000/P. \quad (9.11)$$

Затем находят *приближенные значения разницы в давлениях на уровне моря и на уровне станции* ($\Delta P'$) по формуле:

$$\Delta P' = h/n'. \quad (9.12)$$

Далее находят *приближенные значения давления на уровне моря* ($P'_{ум}$) по формуле:

$$P'_{ум} = P + \Delta P'. \quad (9.13)$$

Среднее давление слоя воздуха между уровнями моря и станции находят по формуле:

$$P_{cp} = (P + P'_{ум})/2. \quad (9.14)$$

Приближенные значения величин в приведенных выше формулах помечены штрихами. Чтобы найти среднюю температуру слоя воздуха между уровнями (t_{cp}), сначала определяют *температуру воздуха на уровне моря* ($t_{ум}$). При этом учитывают, что в среднем в тропосфере температура воздуха увеличивается с уменьшением высоты с градиентом 0,6 °С на 100 м согласно формуле:

$$t_{ум} = t + \frac{0,6h}{100}, \quad (9.15)$$

где t – температура воздуха на станции, °С;
 0,6 – градиент температуры, °С/100 м;
 h – высота станции, м.

Затем определяют *среднюю температуру между уровнями* (t_{cp}) по формуле:

$$t_{cp} = (t + t_{ум})/2. \quad (9.16)$$

Подставляем значения P_{cp} и t_{cp} в формулу (9.8), затем значение барической ступени n – в формулу (9.10). По формуле (9.9) определяем значение давления на уровне моря $P_{ум}$.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое высота, условная оптическая масса атмосферы и плотность атмосферного воздуха?
2. Что такое солнечная постоянная? Значение солнечной постоянной, выраженное в системных и внесистемных единицах?

3. Что показывает коэффициент прозрачности атмосферы? В каких пределах он изменяется?
4. Какими показателями характеризуется влажность воздуха?
5. Что такое барическая ступень, в чем она выражается? Какое практическое значение она имеет?

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие / А.Е. Морозов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.
3. Стародубцева, Н.И. Метеорология и климатология [Текст]: методич. указания, контрольные задания и программа курса [для студентов специальностей 05.03.06 «Экология и природопользование»; 35.03.01 «Лесное дело»; 35.03.05 «Садоводство»] / Н.И., Стародубцева, А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 29 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

«Оценка термических ресурсов и условий увлажнения заданного климатического района»

Цель работы – приобрести навыки определения термических ресурсов и условий увлажнения вегетационного периода заданного климатического района.

Задание – произвести оценку термических ресурсов и условий увлажнения одного из районов Свердловской области (либо иного региона по заданию преподавателя) в заданном периоде наблюдений (за календарный год).

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о температурном режиме атмосферы и режиме выпадения осадков.

Температуры и суммы осадков анализируемого года приведены в приложениях 6, 7. Номер задания выдает преподаватель.

Порядок выполнения задания

1. Составить график годового хода температур воздуха и диаграмму годового хода осадков.

График и диаграмма строятся на миллиметровке. По оси абсцисс откладываются месяцы, по оси ординат – температуры или суммы осадков. Рекомендуемые масштабы: по оси абсцисс в 1 мм – двое суток, по оси ординат в 1 мм – 0,2 °С (или 1 мм осадков).

Средние за месяц температуры нужно откладывать напротив 15 числа каждого месяца. Примеры построения графика и диаграммы приведены в приложениях 8 и 9.

2. По графику годового хода температур воздуха определить даты перехода среднесуточных температур воздуха через 0, +5, +10 и +15 °С весной и осенью и вычислить продолжительность вегетационного периода.

Большинство древесных растений начинают вегетацию и заканчивают ее при среднесуточных температурах от +5 до +10 °С, поэтому нужно определить продолжительность периодов с температурами выше +5 °С и с температурами выше +10 °С. В агрометеорологии период с температурами выше +10 °С принято называть периодом активной вегетации.

3. Рассчитать сумму активных температур Σt_a за каждый месяц периода активной вегетации и в целом за этот период.

Суммой активных температур называют сумму среднесуточных температур воздуха, равных или выше 10 °С. Чтобы рассчитать суммы активных температур за первый и последний месяцы периода, нужно найти средние температуры за периоды от дат перехода среднесуточных температур через +10 °С от конца первого и до начала последнего месяца и умножить их на продолжительность этих периодов.

Например: дата перехода температур через +10 °С весной приходится на 19 мая, осенью – на 12 сентября. По графику (прил. 8) определяем среднесуточные температуры воздуха на 31 мая и 1 сентября. Они равны соответственно 11,5 и 12 °С.

Средняя температура воздуха периода активной вегетации в мае находится как сумма среднесуточных температур начала (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через отметку +10 °С) и конца периода (среднесуточная температура на последнюю дату указанного месяца), разделенная на два.

Продолжительность периодов с 19 по 31 мая – 13 дней, с 1 по 12 сентября – 12 дней. Следовательно, суммы активных температур за май Σt_v и сентябрь Σt_{ix} составят (°C):

$$\Sigma t_v = \frac{10,0 + 11,5}{2} 13 = 139,8,$$

$$\Sigma t_{ix} = \frac{10,0 + 12,0}{2} 12 = 132.$$

Суммы активных температур за остальные месяцы периода активной вегетации рассчитываются умножением среднемесячных температур на число дней в месяце.

4. Вычислить *гидротермические коэффициенты по Г.Т. Селянинову (ГТК)* за каждый месяц периода активной вегетации и оценить условия увлажнения за этот месяц, а также определить *ГТК* в целом за весь период активной вегетации.

Гидротермические коэффициенты (*ГТК*) определяются по следующей формуле:

$$ГТК = \frac{\Sigma P}{0,1 \Sigma t_a}, \quad (10,1)$$

где ΣP и Σt_a – соответственно сумма осадков в мм и сумма активных температур в °C за данный месяц или в целом за период активной вегетации.

За первый и последний месяцы периода активной вегетации предварительно нужно рассчитать суммы осадков за время с температурами выше 10 °C.

Для этого месячную сумму осадков следует разделить на число дней в месяце и умножить на число дней с температурами выше 10 °C.

Для приближенной оценки условий увлажнения используется следующая шкала: при значениях *ГТК* более 2 – избыточно влажно; 1,1–2 – удовлетворительное увлажнение; 0,5–1 – засушливо; менее 0,5 – сухо.

5. Результаты расчетов за период активной вегетации представить в виде таблице 10.1 (пример записи результатов).

6. По величине *ГТК* сделать вывод об условиях увлажнения за каждый месяц периода активной вегетации и в целом за весь период.

Таблица 10.1

Расчет суммы активных температур и гидротермических коэффициентов за период активной вегетации

Месяц	Продолжительность периода	Сумма активных температур, °С, Σt_a	Среднемесячная температура воздуха, °С	Сумма осадков за месяц, ΣP , мм	<i>ГТК</i>
Май	22–31 (9 дней)				
Июнь	1–30 (30 дней)				
Июль	1–31 (31 день)				
Август	1–31 (31 день)				
Сентябрь	1–13 (13 дней)				
В целом за период активной вегетации	114 дней				

Контрольные вопросы и задания

1. Как вычисляется гидротермический коэффициент и что он означает?
2. Что такое период активной вегетации?
3. Как вычисляется сумма активных температур?
4. Какая шкала значений *ГТК* используется для оценки условий увлажнения?

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие. – Изд. 2-е, доп. и перераб. / А.Е. Морозов.– Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.
2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.

3. Стародубцева, Н.И. Метеорология и климатология: методич. указания, контрольные задания и программа курса [для студентов специальностей 05.03.06 «Экология и природопользование»; 35.03.01 «Лесное дело»; 35.03.05 «Садоводство»] / Н.И. Стародубцева, А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 29 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

«Оценка метеорологических условий местности по синоптическим и климатическим картам»

Цель работы – приобретение навыков в оценке метеорологических условий на различных высотах атмосферы.

Задание – определить синоптическую обстановку, под влиянием которой будет формироваться погода, а также конкретные метеорологические условия в рассматриваемом районе. Если погода определяется фронтом, антициклоном или циклоном, то надлежит оценить скорость и направление их перемещения, а также эволюцию их интенсивности. Если погода является внутримассовой, то следует обратить внимание на основные характеристики воздушной массы в данном районе (максимальные и минимальные значения температуры воздуха, влагосодержание, направление и скорость воздушного потока), оценить влияние трансформации воздушной массы, чтобы спрогнозировать количество и высоту облаков, видимость и другие метеорологические элементы.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о метеорологических элементах и метеорологических величинах, о закономерностях метеорологических процессов на различных высотах в атмосфере, о воздушных массах, атмосферных фронтах, внетропических циклонах и антициклонах, об условиях формирования погоды, о синоптических и прогностических картах, о принципах работы системы прогнозирования погоды в Российской Федерации.

Для анализа атмосферных процессов в учебных целях используют приземные и высотные синоптические карты, карты максимальных ветров (они выдаются преподавателем).

Высотные синоптические карты (карты абсолютной тропосферы) включают карты изобарических поверхностей для значений атмосферного давления 850, 700, 500, 400, 300, 200, 100, 50 гПа за каждые 3 часа. Таблица соотношений изобарических поверхностей и абсолютной высоты приведена в приложении 16.

Выполнение работы предусматривает выполнение пяти заданий. Карты для каждого задания выдает преподаватель. Они пронумерованы римскими цифрами от I до V. Всего в комплект входят 44 карты.

В задание I включены карты I.1–I.14 с анализом зимних метеорологических условий над западной частью Евразии, в задание II – карты для летних условий (II.15–II.26). В задание III входят карты атмосферных процессов над Сибирью и Дальним Востоком (III.27–III.34). В задание IV – карты с анализом атмосферных процессов над северным полушарием (IV.36–IV.38). В задание V включены прогностические карты (V.39–V.44).

По картам атласа можно представить характер развития атмосферных процессов на всей территории континента Евразии и изменение основных характеристик погоды на протяжении нескольких суток в любом районе.

При проведении занятий рекомендуется сначала определить синоптическую обстановку, под влиянием которой будет формироваться погода, а затем и те конкретные метеорологические условия, которые сложатся в рассматриваемом районе.

Если погода определяется фронтом или циклоном, то надлежит оценить скорость и направление его перемещения, а также эволюцию интенсивности; если же погода является внутримассовой, то следует обратить внимание на основные характеристики воздушной массы в данном районе (максимальные и минимальные значения температуры воздуха, влагосодержание, направление и скорость воздушного потока), оценить влияние трансформации воздушной массы, чтобы затем решить вопрос о прогнозе количества и высоты облаков, видимости и других метеорологических элементов.

Комплект материалов задания может быть использован для усвоения учащимися различных навыков – от чтения карт погоды до комплексной оценки метеорологических условий в различных географических районах. Для лучшего усвоения материала задания можно рекомендовать следующий порядок проведения занятий:

1. Проверить, приобретено ли умение читать приземные и высотные карты погоды, выделять области со сложными и простыми метеорологическими условиями.

2. Оценить скорость перемещения атмосферных фронтов и барических систем, используя для этого не только приземные, но и высотные карты.

3. Определить, как происходит изменение барических систем и атмосферных фронтов, а также связанных с ними метеорологических

условий – облачности, ее высоты и горизонтальной протяженности, атмосферных осадков, ветра, видимости и особых явлений погоды, таких как грозы, метели, гололед и туманы.

Задание 1. Проанализировать зимние процессы над Евразией (карты I.1–I.14)

Исходным материалом задания служат:

- комплексные приземные карты погоды за 03 и 15 часов 10 декабря, за 03 часа 11 декабря;
- карты абсолютной топографии изобарических поверхностей 850, 700, 500, 400, 300, 200, 100 и 50 мбар за 11 декабря;
- карты относительной топографии слоя 500–1000 мбар (за 11 декабря);
- карты тропопаузы и максимального ветра за 03 часа 10 декабря.

Карты характеризуют процессы, типичные для территории Европы, западной части Сибири и Средней Азии.

Атмосферные процессы, развитие которых отражено на картах, обуславливают образование слоистообразной фронтальной облачности большой горизонтальной и вертикальной протяженности, особенно значительной и мощной в центральных частях областей пониженного давления и на западной периферии антициклона.

Влияние холодного фронта и циклонической деятельности на условия погоды особенно велико в районе Балканского полуострова, где наблюдаются даже грозы.

По мере смещения циклона из района Балканского полуострова на Украину происходит его углубление, увеличиваются горизонтальные градиенты давления и скорость ветра.

Перед теплым фронтом и в теплом секторе наблюдается гололед. Здесь температура воздуха близка к нулю, а в приземном слое отмечаются инверсии с более высокой температурой до уровня, несколько превышающего 950 мбар.

Сложные метеорологические условия связаны и со старыми атмосферными фронтами, которые зимой обуславливают низкую облачность, снегопады и плохую видимость. Например, на участке атмосферного фронта, расположенного в барической ложбине над Западной Сибирью, отмечается низкая облачность, снегопады и метели.

В области отрога Азиатского антициклона отмечается преобладание ясной погоды и только в некоторых местах – радиационные туманы. Характерно, что в районах, подверженных влиянию этого антициклона, сильно проявляется суточный ход температуры. Так,

в 15 часов 10 декабря в г. Ташкент температура воздуха поднялась до 10 °С, а южнее Аральского моря – до 15 °С и выше.

В пунктах, закрытых туманом (на северном побережье Аральского моря), температура воздуха достигает только 1 °С.

Высотные карты, как и приземные, хорошо отражают типичные для зимы циркуляционные процессы. В пределах тропосферы хорошо выражена высотная фронтальная зона и связанное с ней струйное течение. На уровне 300 мбар скорость ветра на отдельных участках фронтальной зоны превышает 200 км/час.

Задание 2. Проанализировать летние процессы над Евразией (карты II.15-II.26)

Исходным материалом служат:

- приземные карты погоды за 09, 15 и 21 час 22 августа;
- карты абсолютной топографии изобарических поверхностей 850, 700, 500, 400, 300, 200 и 100 гПа за 22 августа;
- карты тропопаузы и максимальных ветров за 15 часов 22 августа.

Карты отражают характерный летний процесс над Европейским континентом с хорошо развитой конвективной неустойчивостью, ливневыми дождями, грозами и утренними радиационными туманами. Несмотря на интенсивный прогрев воздуха и его быструю трансформацию, на картах погоды хорошо прослеживаются два атмосферных фронта: арктический и полярный (или фронт умеренных широт) с четкими различиями основных характеристик воздушных масс.

Арктический воздух над севером Европейской территории страны (ЕТС) холодный и сухой, утренние температуры его не превышают 5–10 °С, наблюдается дождь ливневого характера только в зоне фронта, а также широкие зоны прояснений. Континентальный умеренный воздух (КУВ) над центром и югом ЕТС, западными и центральными районами Европы обладает значительной неустойчивостью, он достаточно хорошо прогрет: на востоке и юго-востоке ЕТС максимальные температуры достигают +33 °С. Днем в зоне фронта развиваются грозы.

Тропический воздух в нижней тропосфере поступает с северных районов Африканского континента на Ближний Восток, Балканский полуостров и бассейн Средиземного моря. Видимость в тропическом воздухе значительно хуже, чем в арктическом и континентальном умеренном – в утренние часы наблюдается дымка или мгла. Воздух сухой, поэтому днем конвективная облачность почти не образуется.

Приземная карта погоды за 09 часов 22 августа

Следует обратить внимание на серию частных циклонов на полярном фронте. В циркуляцию этих циклонов вовлекаются воздушные массы арктического происхождения в связи со сближением полярного и арктического фронтов.

Основной, наиболее развитый циклон с давлением в центре несколько более 985 гПа располагается над крайним северо-востоком ЕТС. Он высокий, и прослеживается падение давления на 5 гПа за последние 3 часа, в то время как рост давления в тылу циклона достигает только 3 гПа за 3 часа.

Второй циклон с давлением 1 005 гПа расположен над Новосибирской областью. На высотах над ним располагается ложбина. Циклон начал окклюдироваться, в его центральной части уже заметен рост давления.

Два небольших циклона располагаются над северо-востоком Польши с давлением в центре 1005 гПа и на северо-западе Италии с давлением 1 010 гПа. Первый циклон высокий, он имеет замкнутую циркуляцию до изобарической поверхности 200 гПа, а второй прослеживается только в приземном слое.

В связи с быстрой трансформацией арктического воздуха над Западной Европой контраст температуры в области этих циклонов быстро уменьшается, поэтому они не развиваются: очаги падения и роста давления не превышают в циклонах 0,5 гПа за 3 часа. Циклоны медленно перемещаются вдоль фронта к северо-востоку.

На карте можно видеть также два антициклона: первый – над Южным Уралом и северо-западными районами Казахстана, второй – над Северной Атлантикой (западнее Шотландии). Оба антициклона сформированы в массах холодного арктического воздуха. Гребень первого антициклона над юго-востоком ЕТС сформирован в массах КУВ и обуславливает преобладание здесь малооблачной погоды.

На карте хорошо выражены атмосферные фронты в поле всех метеорологических элементов в приземном слое (за исключением размытого участка арктического фронта в области антициклона над Южным Уралом) и в поле температур на поверхности 850 гПа (см. карту АТ₈₅₀ за 15 часов 22 августа).

В области циклона над Северным Уралом на теплом участке арктического фронта наблюдается зона обложных дождей при высоте облаков местами 300 м, а прохождение холодного фронта сопровождается кратковременными ливневыми дождями. Скорость перемещения фронтов в области этого циклона хорошо согласуется

со скоростью воздушного потока на картах АТ₇₀₀ и АТ₅₀₀, составляя приблизительно 2/3 скорости ветра в зоне фронта на поверхности 700 гПа или 1/2 скорости ветра на поверхности 500 гПа.

На основании известной зависимости перемещения фронта у поверхности Земли от скорости воздушного потока можно предложить обучающимся решить несколько задач по оценке перемещения холодного участка фронта, например, над Республикой Коми, где на поверхности 500 гПа наблюдается северо-западный ветер со скоростью 90–100 км/час и, следовательно, фронт должен перемещаться к юго-востоку со скоростью 45–50 км/час.

Приземная карта погоды за 15 часов 22 августа

За истекшие 6 часов основные барические образования, в том числе циклоны над северо-востоком ЕТС, северо-западом Италии и Новосибирской областью, а также антициклон над Южным Уралом, оставались малоподвижными. Незначительно переместился на восток циклон, располагавшийся над северо-востоком Польши.

Циклон, расположенный над северо-востоком ЕТС, начал заполняться:

- давление в центре циклона повысилось на 2 гПа;
- рост давления распространился на центральную часть циклона и достиг в его тылу за последние 3 часа 4 гПа;
- максимальное падение давления за последние 3 часа уменьшилось с 5 до 3,9 гПа, и его очаг переместился из центральной части циклона на его юго-восточную периферию.

В связи с конвективной неустойчивостью увеличилось количество пунктов с ливневыми дождями на севере ЕТС. В зоне полярного фронта над Кавказом появилась кучево-дождевая облачность. Над Украиной, Белоруссией, Польшей и северными районами Италии начались ливневые дожди и грозы. В области антициклона над юго-востоком ЕТС и Западным Казахстаном сохраняется малооблачная погода из-за большой сухости КУВ.

Приземная карта погоды за 21 час 22 августа

Наблюдается дальнейшее окклюдирование циклона над Северным Уралом. Давление в его центре за 3 часа выросло на 5,3 гПа, а падение давления уменьшилось до 2,8 гПа. Очаг падения давления переместился на юго-восточную периферию циклона.

Циклон медленно движется на восток с небольшой южной составляющей.

Арктический воздух в тылу циклона распространился с северных районов ЕТС на Средний Урал и северо-западные районы Сибири.

Циклон, располагавшийся ранее над северо-востоком Польши, переместился на территорию Литвы и несколько заполнился: площадь, очерчиваемая изобарой 1 005 гПа, значительно уменьшилась, хотя давление в его центре не изменилось.

Заполнившийся над севером Италии циклон превратился в ложбину. По мере того как он опускается, к югу арктический фронт все более размывается: ливневые дожди в его зоне наблюдаются только над Западной Сибирью.

Полярный фронт значительно обостряется и сопровождается ливневыми дождями и грозами над Кавказом, Украиной, Белоруссией, западом центральных областей ЕТС, Сербией. Дожди и местами грозы наблюдаются также над Центральной Европой на вторичном холодном фронте.

Карты абсолютной топографии поверхностей 850, 700, 500, 300, 200 и 100 гПа за 15 часов

Данные карты дают представление о направлении и скорости воздушных течений, а также о температуре воздуха на высотах 1,5; 3; 5,5; 7; 9; 12 и 16 км. Распределение температуры на карте хорошо объясняет атмосферные фронты и их положение на приземной карте погоды.

Целесообразно обратить внимание на следующие особенности развития атмосферных процессов, выявляемые путем анализа карт:

1) быстрое перемещение холодного фронта над востоком ЕТС и Уралом с последующим резким улучшением погоды (до полного прояснения);

2) резко неустойчивый характер погоды в тылу циклона над северными районами ЕТС (кратковременные ливневые дожди и порывистый ветер до 10 м/сек);

3) стационарность полярного фронта над Кавказом и Крымом и возникновение гроз днем и вечером в зоне этого фронта над Кавказом, Украиной, Белоруссией, западом центральных областей ЕТС, а также над Западной Европой в зоне полярного и арктического фронтов;

4) возникновение утренних радиационных туманов над Сербией, Венгрией и северными районами Италии;

5) преобладание в течение всего дня малооблачной погоды в области высокого давления над юго-востоком ЕТС, Западным

Казахстаном, а также над бассейном Средиземного моря и Балканским полуостровом.

Целесообразно произвести сравнение направления и скорости ветра над различными пунктами по приземной карте погоды и картам абсолютной топографии всех уровней за 15 часов. После этого можно рекомендовать сопоставить эти данные и объяснить обнаруженные различия в скорости и направлении ветра в приземном слое, средней, верхней тропосфере и в стратосфере.

Рекомендуется вычислить величины вертикального сдвига скорости ветра над отдельными пунктами, оценить степень турбулентного состояния атмосферы в отдельных ее слоях. Полезно также оценить высоту тропопаузы над отдельными районами, сопоставить полученные значения с формами барического поля, а также со значениями температуры на поверхности тропопаузы.

По оценке метеорологической обстановки по картам погоды можно рекомендовать следующие примеры.

Пример 1. В 09 часов в г. Самара наблюдалась безоблачная погода в области малоподвижного гребня, сформированного в массах теплого континентального умеренного воздуха. Тихо. Видимость – 10 км. Температура равна +21 °С.

Рассмотрим возможность изменения и, в частности, ухудшения погоды в районе г. Самара. Так как теплый фронт находится восточнее г. Самара и смещается на восток, то он не может оказать влияние на погоду в городе. Следует оценить, насколько реальна угроза холодного фронта, находящегося севернее г. Самара.

В связи с тем, что над Вологодской областью и Республикой Коми на высотах 3 и 5 км наблюдаются северо-западные потоки, можно предположить, что участок холодного фронта из района г. Нижний Новгород будет смещаться на юго-запад, т. е. в направлении г. Самара.

Пример 2. В г. Киев в 09 часов наблюдалась облачность 10 баллов, дождь. Видимость – 10 км. Ветер был южный, 2 м/сек. Температура составила +22 °С. Нужно определить влияние на погоду в г. Киев холодного фронта с запада.

Сначала определяем скорость перемещения холодного фронта по средней величине нормальной составляющей скорости ветра в холодной массе на уровне 700 гПа. Она оказывается примерно равной 20–25 км/час. Следовательно, холодный фронт должен пройти г. Киев между 18 и 19 часами. За фронтом с запада будет перемещаться гребень антициклона. В дальнейшем, после прохождения холодного

фронта, погода в г. Киев должна снова начать улучшаться. Нужно ожидать прекращения дождя, уменьшения облачности и изменения направления ветра с южного на западное.

Пример 3. По карте за 15 часов определим изменения погоды, которые произойдут к 21 часу в г. Пермь. В 15 часов холодный фронт располагался несколько севернее г. Пермь. Методом линейной экстраполяции находим скорость перемещения фронта с 09 до 15 часов и, допуская сохранение скорости его перемещения на ближайшие 6 часов, определим, что фронт к 21 часу будет располагаться примерно в 150 км южнее г. Пермь. Следовательно, к рассматриваемому времени г. Пермь будет находиться уже в новой воздушной массе – в холодном арктическом воздухе.

Определим по картам погоды его основные погодные характеристики: неполная облачность высотой 1 000 м, хорошая видимость 10–20 км, северо-западный ветер скоростью 5–8 м/сек, температура воздуха на 5–8 °С ниже, чем в континентальном умеренном воздухе, в котором находился г. Пермь до прохождения холодного фронта. На эти новые условия погоды и следует ориентироваться при оценке будущей погоды в г. Пермь к 21 часу.

Задание 3. Оценить процессы над Сибирью и Дальним Востоком (карты III.27–III.34)

Исходным материалом задания служат:

– приземные карты погоды за 03 часа и 15 часов 10 ноября и за 03 часа 11 ноября;

– карты абсолютной топографии поверхностей 850, 700, 500 и 300 гПа и карта максимального ветра за 03 часа 10 ноября.

Карты отражают погодные условия Сибири и Дальнего Востока в ноябре, который для большей части Азиатской территории страны является уже зимним месяцем. По данным карт видно, что в Восточной Сибири и на севере Западной Сибири средняя месячная температура воздуха составляет от минус 15 до минус 20 °С (в Якутии – от минус 25 до минус 35 °С), а в южных районах Западной Сибири, в Казахстане и на большей части Дальнего Востока средняя месячная температура равна от минус 5 до минус 10 °С.

Территория, освещаемая картами, характеризуется большим разнообразием рельефа и климатических условий.

Восточная Сибирь и Якутия являются классическими районами континентального климата. Зимой здесь формируется обширный антициклон, снежный покров мал (он не защищает почву от

промерзания), и наблюдаются самые большие на земном шаре годовые амплитуды температур.

Климат Дальнего Востока имеет муссонный характер – сухой холодной зимой и дождливый прохладным летом. Зимой особенно хорошо выражен северо-западный муссон в Приморье и Хабаровском крае, характерен устойчивый поток холодного воздуха с севера и северо-запада. Однако муссонная циркуляция на Дальнем Востоке часто нарушается циклонической деятельностью.

В конце лета и осенью отмечается до десяти случаев прохождения с юго-запада на северо-восток тайфунов, которые регенерируют на арктическом фронте и приводят к усилению ветра и выпадению большого количества осадков в Приморье, на Сахалине, Курильских островах, Камчатке и на Охотском море.

На картах приведен один из случаев выхода на Охотское море и Камчатку глубокого циклона, циркуляция которого оказывает влияние на формирование погоды почти всего Дальнего Востока, а также типичный случай циклона, смещающегося на северные районы Сибири с юго-запада и запада – над полуостровом Таймыр.

В ноябре уже начинает хорошо прослеживаться и сибирский антициклон, центр которого, как правило, располагается в районе озера Байкал.

Существование антициклона поддерживается активными вторжениями холодного арктического воздуха в тылу циклонов, проходящих над севером Сибири и Полярным бассейном. Большое влияние на формирование сибирского зимнего антициклона оказывает также громадный Азиатский материк, центр которого значительно удален от океанов и морей, и зимой материк сильно охлаждается.

На приземных картах погоды хорошо прослеживаются два основных атмосферных фронта: арктический и полярный. Они отделяют холодный арктический воздух, расположенный над Полярным бассейном и севером Сибири, от теплого тропического воздуха, расположенного над югом Западной Сибири и Казахстаном.

Приземная карта погоды за 03 часа 10 ноября

На карте прослеживается глубокий и обширный циклон, расположенный над Дальним Востоком, с давлением в центре 969 гПа (над западным побережьем Камчатки). После регенерации на арктическом фронте циклон достигает почти максимального развития и продолжает немного углубляться. На это указывает сравнительно большое падение давления в его передней части (до 4 гПа за последние 3 часа).

Этот циклон хорошо развит на всех уровнях (см. карты абсолютной топографии изобарических поверхностей 850, 700, 500 и 300 гПа), его вертикальная ось несколько наклонена к юго-западу.

Контрасты температур на арктическом фронте в области этого циклона достигают у поверхности Земли и на уровне поверхности 850 гПа, 10–15 °С.

В передней части циклона на высоте 9–10 км проходит струйное течение со скоростями ветра до 200–225 км/час. У земной поверхности в области циклона наблюдается неустойчивый характер погоды с осадками, большие барические градиенты и сильные ветры.

Другой циклон, сформировавшийся также на арктическом фронте, расположен над северными районами Сибири с давлением в центре 987 гПа (над архипелагом Северная Земля). Этот циклон уже достиг стадии максимального развития и начинает заполняться, на что указывает интенсивный рост давления в центральной его части. Только в передней части ложбины циклона над Красноярским краем наблюдается падение давления до 3,2 гПа за 3 часа.

В тылу циклона над Новой Землей рост давления достигает 2,7 гПа за 3 часа. Циклон по высотам прослеживается на всех изобарических поверхностях до 300 гПа. Пространственная ось циклона «почти вертикальна», контрасты температуры в его центральной части невелики, что указывает на последующее окклюдирование и постепенное заполнение.

Над югом Сибири располагается антициклон с давлением в центре 1 051 гПа. Гребень его направлен на Восточную Сибирь. Этот антициклон низкий, и уже на уровне поверхностей 700 и 500 гПа он не имеет самостоятельных замкнутых изогипс.

Положение центра антициклона несколько юго-западнее озера Байкал характерно для хорошо развитого зимнего сибирского антициклона.

В области антициклона у поверхности Земли наблюдаются слабые ветры (до штиля) и низкие температуры от минус 20 до минус 30 °С (в области гребня над Якутией температура достигает минус 40 °С).

Кроме арктического фронта, над Западной Сибирью проходит полярный фронт. Он хорошо прослеживается как у поверхности Земли, так и на поверхности АТ₈₅₀.

Перед теплым участком фронта у поверхности Земли наблюдаются отрицательные температуры до минус 10 до минус 12 °С, а в теплом секторе – положительные температуры от +2 до +4 °С.

В зоне фронта выпадают осадки, преимущественно в виде мокрого снега, ухудшающие видимость до 2–4 км, и наблюдается снижение облачности до 100–200 м. Такие условия погоды наиболее типичны при смещении теплого воздуха на холодную подстилающую поверхность.

Приземная карта погоды за 15 часов 10 ноября

На карте отмечается циклон над Дальним Востоком с центром над Камчаткой, который за истекшие 12 часов начал окклюдироваться и медленно заполняться. Давление в тылу циклона заметно растет (до 4,2 гПа за последние 3 часа).

Падение давления ослабло (до 3,2 гПа за 3 часа). В передней части циклона над севером Камчатки, Магаданской областью и юго-востоком Чукотки продолжаются сильные ветры со скоростью до 15–18 м/сек, снегопады и метели, ухудшающие видимость до 600–1 000 м. Неустойчивый характер погоды с кратковременными снежными зарядами на вторичных холодных фронтах сохраняется над Охотским морем, Сахалином и Курильскими островами.

Циклон над севером Сибири заполнился на 3 гПа и сместился на север полуострова Таймыр. В тылу циклона холодный воздух с температурами минус 10–15 °С распространяется с Карского моря на Западную Сибирь. За холодным фронтом рост давления достигает 3,4 гПа за 3 часа. Падение давления перед теплым фронтом ослабло до 2,6 гПа за 3 часа.

По-прежнему хорошо прослеживается полярный фронт, разделяющий на карте погоды в данном случае области положительных и отрицательных температур.

Сибирский антициклон остался малоподвижным и не изменил своей интенсивности (1 051 гПа). Гребень его, направленный на Восточную Сибирь, быстро разрушается в связи со смещением ложбины с фронтом с запада.

Приземная карта погоды за 03 часа 11 ноября

Циклон над Дальним Востоком, продолжая окклюдироваться, заполнился за одни сутки на 5 гПа. Приземный центр его сместился незначительно на север Камчатки. В тылу циклона продолжается рост давления до 3,6 гПа за 3 часа. Падение давления ослабло до 2,9 гПа за 3 часа и наблюдается теперь на периферии циклона – на Чукотке.

Ветры над Сахалином, Курильскими островами и Камчаткой ослабли. Сильные ветры до 15–18 м/сек, снегопады и метели

продолжаются на северном побережье Охотского моря и над юго-востоком Чукотки. Циклон над севером Сибири заполнился за сутки на 7 гПа и сместился на юго-восток полуострова Таймыр. В его тылу холодный арктический воздух проник на северную половину Западной Сибири. Рост давления достигает 3,9 гПа за 3 часа.

Значительно углубилась ложбина, направленная на Красноярский край и Иркутскую область. В передней части ложбины падение давления достигает 3,5 гПа за 3 часа. Сложные условия погоды со снегопадами, ухудшающими видимость до 1–2 км, наблюдаются в зоне фронтов. В теплом секторе над Новосибирской областью и западом Красноярского края наблюдается низкая облачность 100–200 м и слабые морозящие осадки, что связано с выносом теплого воздуха на холодную подстилающую поверхность.

Сибирский антициклон мало изменил свое положение. Карты абсолютной топографии изобарических поверхностей 850, 700, 500 и 300 гПа за 03 часа 10 ноября позволяют рассмотреть пространственное строение циклонов и антициклонов, температурный режим для определения зон обледенения. Кроме того, по этим картам можно определять направление и скорость воздушных потоков на высотах 3, 5 и 9 км.

Карта максимального ветра показывает распределение струйных течений над Сибирью и Дальним Востоком. Одна ветвь струйного течения проходит на высоте 7–9 км с Баренцева моря на Северный Урал, Красноярский край и затем к юго-западу, на восток Средней Азии. Максимальные скорости ветра на его оси достигают 180 км/час.

Другая ветвь струйного течения со скоростями ветра 230–280 км/час проходит на высоте 13–10 км с северо-востока Китая на юг Приморья, о. Хоккайдо и на северо-запад Тихого океана. Здесь эта ветвь делится еще на две: одна из них проходит на Чукотку, а вторая – на Камчатку и север Охотского моря.

При работе над заданием целесообразно обратить внимание обучающихся на следующие детали атмосферных процессов, определяемые по картам:

- малоподвижность очень глубокого и обширного циклона над Камчаткой;
- преобладание полной облачности и снегопадов в центральной части антициклона (сравнить с погодой в антициклоне по картам задания);
- большой контраст температур в западных и восточных районах Сибири.

Скорость перемещения атмосферных фронтов над Сибирью удобно определять по нормальной составляющей градиентного ветра на карте АТ₇₀₀ или АТ₅₀₀, а также методом линейной экстраполяции.

При использовании карт Атласа в качестве расходного материала разового пользования можно рекомендовать такую последовательность работы с картами погоды:

1. «Поднять» приземную карту погоды, т. е. цветными карандашами обозначить все опасные явления: осадки, туман, грозу, поземок и пр.

2. По ведущему потоку на карте АТ₇₀₀ или АТ₅₀₀, по карте за 03 часа 10 ноября определить направление перемещения основных барических образований (циклонов, антициклонов, ложбин и гребней) и их скорость на ближайшие 6–12 часов.

3. С помощью линейной экстраполяции определить направление и скорость перемещения этих же образований, а также фронтальных разделов на последующие сроки (6–12 часов).

4. Прочитать фактическую погоду в заданном районе (определенном преподавателем) и определить аэросиноптические условия над этим районом.

5. Оценить возможные изменения погоды в течение некоторого периода времени (6–12 часов). Для этого следует одним из двух изложенных выше способов рассчитать скорость перемещения барических образований и фронтов с тем, чтобы определить, в каких градусах какой части барического поля или на каком расстоянии от фронта будет находиться район, по которому разрабатывается прогноз погоды.

Обучающиеся должны освоить определение градиентного ветра по картам АТ, а также научиться использовать карту максимальных скоростей ветра, которая облегчает оценку ветрового режима при полетах по маршруту, особенно в случаях, когда заданный эшелон пересекает зону максимальных ветров или совпадает с ней.

Целесообразно предложить учащимся нанести на карту АТ₃₀₀ отклонения температуры от температуры стандартной атмосферы, выделить эту зону цветным (красным) карандашом, поставив в ее центре знак и величину отклонений в целых градусах.

Пример 1. Теплый фронт на исходной карте за 03 часа 10 ноября располагается западнее г. Барабинск. На поверхности 500 гПа над Барабинском скорость ветра равна 60 км/час. Фронт перемещается со скоростью, равной половине нормальной составляющей скорости ветра в холодной воздушной массе на поверхности 500 гПа,

т. е. со скоростью 30 км/час, и к 13 часам будет находиться над Новосибирском. Следует определить скорость перемещения теплого фронта с запада и погоду в Новосибирске к 13 часам 10 ноября.

Рельеф от г. Барабинск до г. Новосибирск примерно однороден, резкого обострения или размывания фронта быть не может, поэтому в г. Новосибирск следует ожидать такую же погоду, как и в зоне фронта в г. Барабинск, т. е. облачность 10 баллов высотой около 200 м, снег при видимости 6–8 км, температуру минус 5–6 °С с последующим резким потеплением после прохождения фронта.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое приземная синоптическая карта?
2. Что такое карта абсолютной топографии изобарических поверхностей?
3. Что такое циклон и антициклон?
4. Что такое метеорологический фронт?

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие. – Изд. 2-е, доп. и перераб. / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.

2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12 «Морфологическая классификация облаков»

Цель работы – изучить морфологическую классификацию облаков.

Задание – законспектировать материал, приобрести навыки определения видов и разновидностей облаков по внешним признакам. Подготовить фототаблицу различных семейств, форм (родов), видов и разновидностей облаков по результатам индивидуальных наблюдений. Фототаблица должна содержать изображения облаков 10 форм, представленных в формате jpeg. Фототаблица сдается преподавателю в электронном виде.

Предварительная подготовка: необходимо иметь представление о процессах образования облаков, принципах их классификации.

Облака принято классифицировать по внешнему виду и высотам, на которых они образуются (морфологическая классификация); по происхождению, т. е. по характеру процессов их образования (генетическая классификация); по фазовому строению, точнее, по агрегатному состоянию облачных частиц.

На метеорологической сети для определения форм облаков применяется морфологическая классификация.

В зависимости от высоты расположения основания облаков их относят к одному из ярусов. В особую группу выделяют облака вертикального развития, нижняя граница которых в большинстве случаев находится в нижнем ярусе, а верхняя – в среднем или верхнем ярусе (табл. 12.1).

Исследования облаков, выполненные в 70-х годах XX века, показали, что над океаном (морем) возможно развитие двухъярусной конвекции, когда в нижнем слое под инверсией развиваются плоские кучевые облака небольшой вертикальной протяженности, а над инверсией – мощные кучевые и кучево-дождевые облака.

Основные отличительные признаки при определении формы облаков – их внешний вид и структура. Облака могут быть расположены на разных высотах в виде отдельных изолированных масс или сплошного покрова, их строение может быть различным (однородным, волокнистым и др.), а нижняя поверхность – ровной или расчлененной (и даже изорванной). Кроме того, облака могут быть плотными и непрозрачными или тонкими – сквозь них просвечивает голубое небо, луна или солнце.

В таблице 12.1 представлен современный вариант международной морфологической классификации облаков, в которой наряду с русскими приведены латинские наименования форм облаков и их сокращенные обозначения.

В таблице 12.2 приводятся дополнительные сведения о характерных особенностях облаков конкретных форм и другие признаки, которые могут помочь технику-метеорологу правильно определить формы, виды и разновидности облаков.

Следует также иметь в виду, что приведенные в таблице 12.2 пределы высоты нижней границы облаков, характерны для умеренных широт. Высота облаков одной и той же формы непостоянна и может несколько меняться в зависимости от характера процесса образования и местных условий.

Морфологическая классификация облаков

Форма	Вид	Разновидность
<i>А. Облака верхнего яруса</i>		
Перистые, Cirrus (Ci)	Перистые волокнистые, Ci fibratus (Ci fib.)	Перистые когтевидные, Ci uncinus (Ci unc.)
		Перистые хребтовидные, Ci vertebratus (Ci vert.)
		Перистые перепутанные, Ci intortus (Ci int.)
	Перистые плотные, Ci spissatus (Ci sp.)	Перистые, образовавшиеся из наковален кучево-дождевых облаков Ci incus-genitus (Ci ing.)
		Перистые хлопьевидные, Ci floccus (Ci floe.)
Перисто-кучевые, Cirrocumulus (Cc)	Перисто-кучевые волнистообразные, Cc undulatus (Cc und.)	Перисто-кучевые чечевицеобразные, Cc lenticularis (Cc lent.)
	Перисто-кучевые кучевообразные, Cc cumuliformis (Cc cuf.)	Перисто-кучевые хлопьевидные, Cc floccus (Cc floe.)
Перисто-слоистые, Cirrostratus (Cs)	Перисто-слоистые волокнистые, Cs fibratus (Cs fib.)	—
	Перисто-слоистые туманообразные, Cs nebulosus (Cs neb.)	—
Высококучевые, Alto cumulus (Ac)	Высококучевые волнистообразные, Ac undulatus (Ac und.)	Высококучевые просвечивающие, Ac translucidus (Ac trans.)
		Высококучевые непросвечивающие, Ac opacus (Ac op.)

Форма	Вид	Разновидность
<i>Б. Облака среднего яруса</i>		
		Высококучевые чечевицеобразные, Ac lenticularis (Ac lent.)
		Высококучевые неоднородные, Ac inhomogenus (Ac inh.)
		Высококучевые хлопьевидные, Ac floccus (Ac floc.)
		Высококучевые башенковидные, Ac castellanus (Ac cast.)
		Высококучевые образовавшиеся из кучевых, Ac cumulogenitus (Ac cug.)
		Высококучевые с полосами падения, Ac virga (Ac vir.)
Высокослоистые, Altostratus (As)	Высокослоистые туманообразные, As nebulosus (As neb.)	Высокослоистые туманообразные просвечивающие, As nebulosus translucidus (As neb. trans.)
		Высокослоистые туманообразные непросвечивающие, As nebulosus opacus (As neb. op.)
		Высокослоистые туманообразные, дающие осадки, As nebulosus praecipitans (As neb. pr.)
	Высокослоистые волнистообразные, As undulatus (As und.)	Высокослоистые волнистообразные просвечивающие, As undulatus translucidus (As und. trans.)
		Высокослоистые волнистообразные непросвечивающие, As undulatus opacus (As und. op.)
		Высокослоистые волнистообразные, дающие осадки, As undulatus praecipitans (As und. pr.)

Форма	Вид	Разновидность
<i>В. Облака нижнего яруса</i>		
Слоисто-кучевые, Stratocumulus (Sc)	Слоисто-кучевые волнистообразные, Sc undulatus (Sc und.)	Слоисто-кучевые просвечивающие, Sc translucidus (Sc trans.)
		Слоисто-кучевые непросвечивающие, Sc opacus (Sc op.)
		Слоисто-кучевые чечевицеобразные, Sc lenticularis (Sc lent.)
	Слоисто-кучевые кучевообразные, Sc cumuliformis (Sc cuf.)	Слоисто-кучевые башенковидные, Sc castellanus (Sc cast.)
		Слоисто-кучевые растекающиеся дневные, Sc diurnalis (Sc diur.)
		Слоисто-кучевые растекающиеся вечерние, Sc vespertalis (Sc vesp.)
		Слоисто-кучевые вымеобразные, Sc mammatus (Sc mam.)
Слоистые, Stratus (St)	Слоистые туманообразные, St nebulosus (St neb.)	—
	Слоистые волнистообразные, St undulatus (St und.)	—
	Разорванно-слоистые, St fractus (St fr.)	Разорванно-дождевые, fractonimbus (Frnb)
Слоисто-дождевые, Nimbostratus (Ns)	—	—

Форма	Вид	Разновидность
<i>Г. Облака вертикального развития</i>		
Кучевые, Cumulus (Cu)	Кучевые плоские, Cu himilis (Cu hum.)	Разорванно-кучевые, Cu fractus (Cu fr.)
	Кучевые средние, Cu mediocris (Cu med.)	–
	Кучевые мощные, Cu congestus (Cu cong.)	Кучевые с покрывалом, Cu pileus (Cu pil.)
Кучево-дождевые, Cumulonimbus (Cb)	Кучево-дождевые лысые, Cb calvus (Cb calv.)	Кучево-дождевые лысые с грозовым валом, Cb calvus arcus (Cb calv. arc.)
	Кучево-дождевые волосатые, Cb capillatus (Cb cap.)	Кучево-дождевые волосатые с грозовым валом, Cb capillatus arcus (Cb cap. arc.)
		Кучево-дождевые волосатые с наковальной, Cb capillatus incus (Cb cap. inc.)
		Кучево-дождевые волосатые плоские, Cb capillatus humilis (Cb cap. hum.)
		Кучево-дождевые волосатые вымеобразные, Cb capillatus mammatus (Cb cap. mam.)

Отличительные особенности облаков

Вид облаков	Гидрометеоры							Оптические явления				Оптическая толщина			Высота нижней границы облаков, км
	Дождь	Морось	Снег	Снежная крупа	Снежные зерна	Ледяная крупа	Град	Гало	Венец	Иризация в облаках	Радуга	Просвечивающие облака	Облака, позволяющие определить местоположение Солнца или Луны	Непросвечивающие облака	
Ci	-	-	-	-	-	-	-	В	-	-	-	О	В	-	7-10
Cc	-	-	-	-	-	-	-	-	В	В	-	О	В	-	6-8
Cs	-	-	-	-	-	-	-	О	В	-	-	Х	-	-	6-8
Ac	-	-	-	-	-	-	-	В	О	В	-	В	О	В	2-5
As	В	-	В	-	-	В	-	-	-	-	-	-	О	О	2-6
Ns	О	-	В	-	-	В	-	-	-	-	-	-	-	Х	0,5-1,9
Sc	В	-	В	В	-	-	-	-	В	В	-	В	В	О	0,5-1,5
St	-	В	В	-	В	-	-	В	В	-	-	В	В	О	0,03-0,4
Cu	В	-	В	В	-	-	-	-	В	-	В	В	В	О	0,6-1,2
Cb	О	-	В	В	-	В	В	М	-	-	В	-	-	Х	0,6-1,2

Примечания:

Х – особенность характерна для всех видов облаков;

О – особенность наблюдается обычно;

В – особенность возможна, но наблюдается только у некоторых разновидностей облаков;

М – особенность может наблюдаться у вершины или в верхней части облака.

В среднем высота облаков больше на юге (чем на севере) и летом (а не зимой). Над горными районами облака располагаются ниже, чем над равнинными.

Важной характеристикой облаков являются выпадающие из них осадки. Облака одних форм практически всегда дают осадки, других – либо совсем не дают осадков, либо осадки из них не достигают поверхности Земли.

Факт выпадения осадков, а также их вид и характер выпадения служат дополнительными признаками для определения форм, видов и разновидностей облаков.

Как правило, из облаков определенных форм выпадают следующие виды осадков:

- ливневые – из кучево-дождевых облаков (Cb);
- обложные – из слоисто-дождевых (Ns) во все сезоны, из высокослоистых (As) – зимой и иногда слабые – из слоисто-кучевых (Sc);
- морозящие – из слоистых облаков (St).

В процессе развития и распада облака меняется его внешний вид, структура, и оно может трансформироваться из одной формы в другую.

При определении количества и форм облаков учитываются только облака, видимые с поверхности Земли. Если все небо или его часть закрыта облаками нижнего (среднего) яруса, а облаков среднего (верхнего) яруса не видно, то это не означает, что они отсутствуют.

Они могут находиться выше нижележащих слоев облаков, но это не учитывается при наблюдениях за облачностью.

Описание облаков дается отдельно по ярусам, а внутри каждого яруса – по основным формам в соответствии с морфологической классификацией (см. табл. 12.1). При этом для каждого яруса и формы приводятся наиболее общие признаки облаков: высота нижней границы, толщина облачного слоя, микрофизическое строение. При описании облаков указывают также связь различных форм облаков и характерные особенности их по наблюдениям с поверхности Земли.

12.1. Облака верхнего яруса

К облакам верхнего яруса относятся перистые (Cirrus, или Ci), перисто-кучевые (Cirrocumulus, или Cc) и перисто-слоистые (Cirrostratus, или Cs) облака. В умеренных широтах в теплое время года они образуются обычно на высотах 7–10 км, в зимнее время, а также в полярных широтах высота этих облаков меньше 5–8 км.

В южных широтах облака верхнего яруса обычно наблюдаются на высотах от 10 до 15 км.

Облака верхнего яруса характеризуются наиболее низкими температурами и состоят из кристаллов льда в форме игл, шестигранных столбиков или пластинок, которые образуются путем сублимации водяного пара на ядрах конденсации (сублимации). Поэтому эти облака имеют ярко-белый цвет без темных и серых оттенков.

12.1.1. Перистые облака (Cirrus – Ci)

Наиболее высокие облака верхнего яруса, обычно наблюдаются в небольших количествах, но зачастую могут занимать и значительную часть неба.

Высота нижней границы облаков в умеренных широтах составляет 7–10 км, изредка – менее 6 км (в арктической и субарктической зонах, где очень низкие температуры) или более 12 км; в тропиках высота облаков достигает 17–18 км. Толщина слоя облаков колеблется в широких пределах – от сотен метров до нескольких километров. Они состоят главным образом из ледяных кристаллов в виде столбиков высотой до 0,1 мм.

Связь с другими формами

При увеличении количества перистых облаков они могут сменяться пеленой Cs, иногда существуют одновременно с Cc.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Большая высота и характерное волокнистое строение при наличии просветов голубого неба обычно позволяют легко отличить перистые облака от облаков других форм. Перистые облака можно спутать с перисто-слоистыми, которые отличаются от Ci тем, что образуют пелену, достаточно однородную и обширную.

Вечером, после захода Солнца, Ci еще долго остаются освещенными, принимая вначале серебристую, затем золотистую или красноватую окраску. Затем облака постепенно сереют и кажутся более плотными чем днем. В безлунную ночь Ci невидимы или плохо различимы, поэтому особенно важно тщательно наблюдать за состоянием неба вечером. Утром, перед восходом Солнца, Ci первыми из облаков освещаются и окрашиваются зарей. Ci образуются в результате охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней

тропосфере, в зоне атмосферных фронтов. В охлаждающемся воздухе происходит сублимация водяного пара и образование ледяных кристаллов. С_i могут образоваться также из вершин С_b при распаде этих облаков.

В перистых облаках выделяют 2 вида: перистые волокнистые и перистые плотные, каждый из которых имеет несколько разновидностей.

12.1.2. Перисто-кучевые облака (Cirrocumulus – Сс)

Высота нижней границы перисто-кучевых облаков (Cirrocumulus, или Сс) в умеренных широтах колеблется в пределах от 6 до 8 км, толщина слоя не превышает 200–400 м.

Перисто-кучевые облака состоят из мелких ледяных кристаллов, имеющих форму столбиков или пустотелых призм (отдельных или соединенных по несколько кристаллов в комплексы).

Связь с другими формами

Облака Сс обычно наблюдаются вместе с облаками С_i или С_s. Возможны промежуточные переходные формы между низкими облаками Сс и высокими Ас, однако отличить их от Ас нетрудно, хотя тонкие края слоя Ас по внешнему виду и напоминают Сс. Одновременно могут наблюдаться слой Сс и похожий на него нижележащий слой Ас (или даже несколько слоев Ас на различных высотах).

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Облака Сс можно спутать только с высокими Ас, в отличие от которых Сс частично (особенно по краям) имеют волокнистое строение. Кроме того, Сс часто переходят в слой С_i или С_s. Если волокнистое или хлопьевидное строение перисто-кучевых облаков плохо выражено и облака постепенно приобретают отчетливую волокнистую структуру, то их следует отнести уже к С_i fib. Сс образуются при возникновении волновых и конвективных движений в верхней тропосфере.

В перисто-кучевых облаках выделяют 2 вида: перисто-кучевые волнистообразные и перисто-кучевые кучевообразные, в которых выделяют по одной разновидности.

12.1.3. Перисто-слоистые облака (Cirrostrats – Cs)

Высота нижней границы перисто-слоистых облаков (Cirrostratus, или Cs) в умеренных широтах составляет в среднем около 6–8 км, а в арктических и субарктических районах вследствие низких температур воздуха – существенно меньше. Толщина слоя колеблется от 100 м до нескольких километров. Верхняя и нижняя границы слоя Cs выражены нерезко. Перисто-слоистые облака состоят из ледяных кристаллов в форме игл или шестигранных столбиков, иногда соединенных по нескольку штук вместе. Реже встречаются в этих облаках толстые пластинки.

Связь с другими формами

Перисто-слоистые облака могут наблюдаться в сочетании с перистыми и перисто-кучевыми.

При движении фронтальной облачной системы количество облаков Ci увеличивается, и они, постепенно закрывая все небо, сменяются Cs; в свою очередь, Cs, уплотняясь и снижаясь, сменяются As. Иногда слой As надвигается на фоне Cs самостоятельно, без видимой связи с ними.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Некоторые затруднения могут возникнуть лишь при различении облаков Ci и Cs, а также Cs и As. Перисто-слоистые облака отличаются от перистых тем, что их пелена однородна, непрерывна и не распадается на отдельные участки, разделенные промежутками голубого неба. От высокостлоистых облаков (As) перисто-слоистые (Cs) отличаются тем, что они почти прозрачны, в то время как сквозь As Солнце и Луна просвечивают тускло, как сквозь матовое стекло, и при этом в дневное время тени от предметов становятся нерезкими или исчезают вовсе.

Перисто-слоистые облака образуются вследствие адиабатического охлаждения воздуха при его восходящем движении в верхней тропосфере в зонах атмосферных фронтов.

В перисто-слоистых облаках выделяют 2 вида (без разновидностей): перисто-слоистые волокнистые и перисто-слоистые туманообразные.

12.2. Облака среднего яруса

Облака среднего яруса состоят из переохлажденных капель воды или переохлажденных капель в смеси с ледяными кристаллами и снежинками. При этом кристаллы в облаках среднего яруса значительно более развиты, чем в облаках верхнего яруса: в облаках среднего яруса содержатся в основном развитые снежинки полной шестилучевой формы. Ледяные иглы, пластинки и столбики содержатся на краях облачных элементов, что вызывает особый вид свечения – иризацию (появление радужной окраски) на краях капельных облаков.

При наличии в облачных элементах снежинок и капель переохлажденной воды происходит быстрый рост снежинок и выпадение их в виде осадков.

Наличие же переохлажденных капель воды в облачных элементах придает им серый цвет. Сквозь облака среднего яруса Солнце просвечивает слабо или вообще не просвечивает.

К основным формам облаков среднего яруса относятся высококучевые и высокослоистые облака.

12.2.1. Высококучевые облака (*Altostratus* – *As*)

Высота нижней границы высококучевых облаков (*Altostratus*, или *As*) может меняться в пределах от 2 до 6 км, а толщина слоя не превышает 200–700 м. *As* состоят преимущественно из переохлажденных капель воды радиусом 3–6 мкм, а также из ледяных кристаллов. Такой размер капель обеспечивает возможность сосуществования капель с кристаллами льда.

В отдельных более плотных элементах облаков радиус капель может достигать до 10–25 мкм, что ведет к быстрому росту кристаллов, образованию и выпадению осадков, хотя и достаточно слабых по интенсивности (часто не достигающих поверхности Земли).

Связь с другими формами

В некоторых случаях наблюдаются переходные формы между высокими *As* и *Sc*, от которых *As* отличаются большими видимыми размерами отдельных элементов и более тусклой сероватой окраской. *As* могут наблюдаться одновременно с *As*.

Уплотняясь и опускаясь, *As* переходят в облака *Sc*, с которыми они имеют много общего.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

В большинстве случаев облака As легко определяются по характерным очертаниям и светлой окраске.

В отличие от высокослоистых, они не образуют сплошного однородного серого покрова и не имеют волокнистого строения. Иногда возникают трудности в различении форм As и Sc, As и Cs.

Процессы образования высококучевых облаков различны. Главными из них являются следующие:

- волновые движения воздуха на границах высоко расположенных слоев инверсии;
- адвекция фронтальных слоистообразных облаков из областей циклонов и последующая их трансформация;
- волновые движения над горными препятствиями;
- растекание мощных кучевых и кучево-дождевых облаков;
- конвективные движения воздуха в слое выше 2 км.

В высококучевых облаках выделяют 2 вида: волнистообразные и кучевообразные.

12.2.2. Высокослоистые облака (Altostratus – As)

Высота нижней границы высокослоистых облаков (Altostratus, или As) находится в пределах от 2 до 6 км, толщина слоя составляет обычно 1–2 км, иногда и более.

Тонкие As и верхние части более плотных As состоят преимущественно из ледяных кристаллов (пластинок), низкие As – из ледяных кристаллов (столбиков) в смеси с переохлажденными каплями воды. Нижние части этих облаков состоят из более крупных снежинок или мелких капель дождя (обычно ниже уровня, где температура воздуха равна 0 °С).

Связь с другими формами

Высокослоистые облака при уплотнении и снижении переходят в слоисто-дождевые облака (Ns). Облака As являются как бы промежуточными между облаками Cs и Ns.

Облака As могут быть отмечены в сочетании с As, причем возможны взаимные переходы (As в As и As в As), а также с мощными кучево-дождевыми облаками фронтального происхождения.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

В некоторых случаях бывает трудно отличить As от Cs, Ns и даже St. Высокослоистые облака по сравнению с облаками Cs более плотные и низкие. Днем As имеют сероватый цвет и значительно сильнее затевают Солнце. По сравнению с Cs облака As выглядят как более однородная сплошная пелена без просветов.

Даже если пелена As и обрывается в той или иной части неба (это бывает на краю облачной системы), то в той части их покрова, которая доступна обозрению, нет ни просветов, ни расчленения на отдельные пластины. Если же такое расчленение можно обнаружить, но по остальным признакам облака должны быть отнесены к As, то они отмечаются как переходная форма между As и Cs.

Облака As отличаются от облаков Ns большей высотой расположения, меньшей плотностью и светлым тоном. Осадки из As не всегда достигают поверхности Земли, особенно летом.

Плотный облачный покров с основанием на уровне около 2 км при отсутствии осадков может отмечаться как As op., но при наличии осадков он должен уже отмечаться как Ns. Однако наличие осадков само по себе не должно быть единственным определяющим признаком: если облака светлые, тонкие, находятся на большей высоте, чем Ns, и дают осадки (что особенно часто наблюдается зимой), то они отмечаются как As.

As образуются вследствие охлаждения воздуха при медленном, скользящем восхождении теплого воздуха вдоль фронтальной поверхности. В форме As различают 2 вида облаков: туманообразные и волнистообразные.

12.3. Облака нижнего яруса

К облакам нижнего яруса относятся все формы и виды облаков, которые образуются, развиваются и существуют в нижнем слое атмосферы (от 30 м до 2 км).

12.3.1. Слоисто-кучевые облака (Stratocumulus – Sc)

Высота нижней границы слоисто-кучевых облаков (Stratocumulus, или Sc) отмечается чаще всего в пределах 0,5–1,5 км, толщина слоя – от 0,2 до 0,8 км.

Sc состоят в основном из мелких капель воды (радиусом преимущественно 5–7 мкм), переохлажденных зимой. В отдельных

случаях среди капель присутствует некоторое количество ледяных кристаллов (пластинок) и снежинок.

Связь с другими формами

Слоисто-кучевые облака могут наблюдаться одновременно с высококучевыми облаками. Некоторые разновидности Sc *cif.* образуются при распаде Cu или Cu *cong.* Кроме того, при усиливающейся конвекции Sc, особенно Sc *cast.*, могут развиваться в кучевые облака. При приближении фронта Sc могут смениться Ns, что сопровождается усилением обложных осадков, и, наоборот, при появлении нисходящих движений фронтальные облака Ns могут перейти в Sc.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Отличительным признаком слоисто-кучевых облаков служит их внешний вид, четко очерченная нижняя граница, отсутствие в большинстве случаев осадков или довольно слабые осадки с перерывами. Sc иногда бывает трудно отличить от As, As, Ns, St или Cu *med.*

Слоисто-кучевые облака располагаются ниже As (ниже 2 км) и состоят из более крупных и более темных элементов, чем As.

Условно принимается, что видимый размер элементов Sc превышает десятикратный диаметр Солнца.

Sc *op.* отличаются от As *op.* главным образом по высоте их расположения. Кроме того, у As меньше выражено волнистое строение, а волны не имеют правильного чередования и представляют собой отдельные вытянутые по горизонтали уплотнения неправильной формы. Sc *op.* имеют вид правильных волн.

As часто имеют волокнистое строение, которого не бывает у Sc. Покров As более светлый чем Sc *op.*

Облака Sc *op.* обычно отличаются от облаков Ns волнистым строением и отсутствием или слабой интенсивностью осадков.

Полезно при различении Sc от As и Ns учитывать характер погоды, поскольку As и Ns являются преимущественно облаками фронтальных систем, тогда как Sc образуются в большинстве случаев внутри однородных воздушных масс.

Sc отличаются от облаков St большей высотой основания и более ярко выраженной волновой структурой.

От Cu *med.* (которые иногда располагаются грядами) облака Sc отличаются большей длиной гряд и отсутствием куполообразных вершин (кроме разновидности Sc *cast.*, у которой выступающие купола и башни сравнительно невелики и быстро меняют очертания).

Основные процессы, приводящие к образованию слоисто-кучевых облаков, следующие:

- волновые движения в слоях инверсий, расположенных на высотах менее 2 км над подстилающей поверхностью;
- адвекция слоистообразных облаков из циклонов и ложбин и их трансформация;
- растекание Cu и $Cu\ congest.$ в слое воздуха под инверсиями, располагающимися ниже 2 км;
- волновые движения, возникающие на подветренных склонах возвышенностей и гор.

В слоисто-кучевых облаках выделяют 2 вида: волнистообразные и кучевообразные.

12.3.2. Слоистые облака (Stratus – St)

Высота нижней границы слоистых облаков (Stratus, или St) обычно колеблется в пределах от 0,03 до 0,4 км, а толщина слоя – от 0,1 до 0,6 км.

Слоистые облака состоят из мельчайших капель воды радиусом 2–5 мкм, размер капель может колебаться от 1 до 20 мкм.

Связь с другими формами

Облака St могут трансформироваться в облака Sc. В теплую половину года облака St fr. Утром при отсутствии более высоких облаков они могут превратиться в кучевые, если поверхность Земли прогревается и развивается конвекция.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Иногда бывает трудно различить St и As, St и Sc, St и Ns. Для более точного определения облаков вышеперечисленных форм целесообразно принимать во внимание следующие особенности

У облаков St (даже у St und.) волнистое строение выражено очень слабо и с трудом различается, так как волны имеют большую длину, а облака расположены низко.

По внешнему виду облака St похожи на Ns. Однако их можно различить по следующим признакам:

1) St располагаются обычно ниже, чем Ns, они нередко сопровождаются морозящими осадками и ухудшением видимости;

2) St имеют более светлый цвет чем Ns, причем обычно заметно чередование темных и светлых участков облака, которые имеют большую или меньшую толщину;

3) строение St более однородное, чем Ns;

4) St никогда не дают обложных осадков.

При определении облаков St полезно также учитывать характер погоды, так как эти облака образуются главным образом внутри однородных воздушных масс, являются зачастую облаками местного происхождения. Облака St нередко имеют достаточно четкий суточный ход (максимальное количество облаков наблюдается ночью). В отличие от них, облака Ns и As наблюдаются обычно на атмосферных фронтах. Исключение составляет разновидность разорванно-слоистых облаков (St fr.) – разорванно-дождевые облака (Frnb), которые характерны для фронтальных систем облаков.

В слоистых облаках выделяют 3 вида: туманообразные, волнистообразные и разорванно-слоистые.

12.3.3. Слоисто-дождевые облака (Nimbostratus, или Ns)

Высота нижней границы слоисто-дождевых облаков (Nimbostratus, или Ns) отмечается в пределах от 0,5 до 1,9 км, она ниже всего вблизи линии фронта. Толщина слоя облаков обычно достигает 2–3 км, иногда – 5 км и более.

Однако нередко случаи, когда толщина слоя Ns не превышает 1–2 км и между ними и вышележащими As имеется безоблачная прослойка.

Слоисто-дождевые облака состоят из переохлажденных капель и ледяных кристаллов. В верхней части облака кристаллы имеют преимущественно форму столбиков, в нижней – форму пластинок. В нижней части облака преобладают мелкие капли воды с примесью снежинок или сравнительно крупных капель. Большинство капель воды имеют радиус 8–12 мкм.

Связь с другими формами

Обычно Ns тесно связаны с As. В пункте наблюдений вначале прослеживаются As, которые затем постепенно уплотняются, снижаются и превращаются в Ns. Переход от As neb. op. к Ns происходит постепенно, поэтому резкой грани между ними нет. Хорошим признаком совершившегося перехода является выпадение устойчивых обложных осадков.

Ns могут образоваться из Sc op. В этом случае элементы Sc (отдельные хлопья, пластины или волны) постепенно сливаются между собой, облака снижаются и преобразуются в Ns. Переход считается

завершившимся тогда, когда волнистая структура, присущая Sc, полностью исчезает и нижняя поверхность облаков вследствие выпадения осадков перестает быть четко различимой.

Иногда наблюдается связь Ns с Cb. При приближении холодного фронта первого рода вал предфронтальных облаков Cb непосредственно переходит в Ns, а ливневые осадки сменяются обложными. В некоторых случаях такая связь Cb и Ns наблюдается и на холодных фронтах второго рода. На теплом фронте, особенно летом, наблюдается переход Ns в Cb: отдельные участки облаков Ns, сильно развиваясь по вертикали, постепенно приобретают все признаки Cb; выпадающие из них осадки имеют характер ливневых.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Основным признаком, по которому безошибочно определяются Ns, служит выпадение обложных осадков. Этот признак помогает обнаружить Ns даже тогда, когда они снизу маскируются разорванно-дождевыми облаками Frnb. Однако иногда осадки из Ns не достигают поверхности земли вследствие испарения. В этих случаях облака Ns можно отличить от As neb. op. по следующим основным признакам:

- значительно более темному цвету;
- непрозрачности облаков (Солнце и Луна не просвечивают);
- размытости основания облаков.

Следует отличать слой Ns от Cb большого размера, которые, надвигаясь, могут на короткое время полностью закрыть небо над пунктом наблюдения. Такая ошибка особенно вероятна, если обзор с места наблюдений сильно ограничен. В этом случае отличительным признаком будет служить характер осадков.

Помогает также наблюдение за предшествующим состоянием неба: Ns появляются на фоне сплошной облачности (после As neb. op. или As op.), а Cb надвигаются при наличии просветов голубого неба.

12.4. Облака вертикального развития

К облакам вертикального развития относят две основные формы: кучевые и кучево-дождевые.

12.4.1. Кучевые облака (Cumulus – Cu)

Высота нижней границы кучевых облаков (Cumulus, или Cu) в значительной мере зависит от влажности воздуха (от дефицита

насыщения). В умеренных широтах высота нижней границы кучевых облаков обычно составляет 0,6–1,2 км, вертикальная протяженность – от сотни метров до нескольких километров.

Кучевые облака состоят из капель воды, более крупных в верхней части облака (преобладающий радиус капель составляет около 20 мкм) и более мелких у его основания (преобладают капли радиусом около 10 мкм). При отрицательных температурах капли находятся в переохлажденном состоянии.

Связь с другими формами

Развиваясь, Cu могут трансформироваться в Cb . Иногда Cu и Cb наблюдаются одновременно.

Весной и летом облака Cu могут наблюдаться на фоне любых других облаков, если эти облака не препятствуют прогреванию поверхности Земли и развитию дневной термической конвекции. При теплой погоде утром кучевые облака могут образоваться из $St\ fr.$

Распадаясь, Cu могут перейти в Sc , Ac или, пройдя стадию $Cu\ fr.$, рассеяться совсем.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Если кучевые облака находятся в стороне от наблюдателя, то он видит их от основания до ослепительно белых клубящихся вершин. В этом случае правильно определить форму облака не представляет никаких затруднений.

Если же облака располагаются у зенита или ими покрыта большая часть неба, то наблюдается только их нижняя поверхность, которая всегда имеет некоторые неровности, а иногда и рваные края. В этом случае их легко спутать со слоисто-кучевыми или кучево-дождевыми облаками.

Кучевые облака, в отличие от слоисто-кучевых, не образуют непрерывного слоя. Покров Cu всегда разделяется на отдельные облака, в промежутках между которыми видны их бугристые, резко очерченные края, уходящие в высоту.

Центральные части отдельных облаков могут быть темными (серыми или темно-серыми в зависимости от их мощности), а освещенные края – ярко-белыми, в виде светлой или блестящей каймы в зависимости от расположения облаков относительно Солнца.

В сплошных длинных валах вершины Cu сохраняют разную высоту. Иногда трудно отличить $Cu\ cong.$ от Cb , имеющих не только

внешнее сходство, но и сходство процесса образования. Условно принято считать облака кучево-дождевыми, когда их вершина приобретает отчетливое волокнистое строение («обледеневает»), а также когда начинается выпадение ливневых осадков или заметны полосы падения осадков (хотя бы и не достигающих до поверхности земли).

Основной процесс, приводящий к образованию кучевых облаков, – это мощные восходящие движения воздуха, обусловленные неравномерным нагревом подстилающей поверхности (термическая конвекция). Из многообразия кучевых облаков выделяют 3 вида: кучевые плоские, кучевые средние и мощные кучевые.

12.4.2. Кучево-дождевые облака (Cumulonimbus – Cb)

Высота нижней границы кучево-дождевых облаков (Cumulonimbus, или Cb) обычно находится в пределах от 0,6 до 1,2 км. Верхняя граница кучево-дождевого облака достигает 4–5 км, в отдельных случаях – высоты тропопаузы (8–9 км).

Микрофизическая структура представлена набором капель разного размера (радиусом от нескольких мкм до 1 см), а также ледяных кристаллов, снежных зерен и града (до нескольких см).

Связь с другими формами

Кучево-дождевые облака образуются, как правило, в результате дальнейшего развития Cu cong. Они (Cb) могут наблюдаться одновременно с Ac, As, Sc, Ns, Cu, Frnb. При распаде Cb могут образоваться Ci sp., Ci ing., Ac cuf., Sc diur., Sc vesp.

Характерные особенности по наблюдениям с поверхности Земли

Определить Cb обычно нетрудно. Их можно спутать только с Ns и Cu cong. Если Cb сильно распространились по горизонтали, их основания слились, с пункта наблюдений ни в один из просветов не видно резко очерченных бугристых боковых сторон облаков, то их можно спутать с Ns. Основное различие заключается в том, что Cb имеют свинцово-темную окраску и дают ливневые осадки. При определении также нужно учитывать предшествующее состояние неба.

Облака Cb отличают от облаков Cu cong. по следующим признакам:

– темная окраска основания облака. Если Cb находится близко к зениту, то его окраска становится свинцово-темной, освещенность при этом резко уменьшается;

– выпадение ливневых осадков. Если осадки не достигают поверхности Земли, то они (в удаленных облаках) заметны в виде полос падения (*virga*);

– волокнистое строение части облака или перистовидная форма его вершины.

Если хотя бы один из этих признаков имеется, облако следует считать кучево-дождевым.

Основным процессом образования кучево-дождевых облаков является процесс охлаждения воздуха при восходящем движении в условиях сильно развитой динамической или термической конвекции. В связи с этим толщина их достигает 3–5 км.

В холодное время года, когда отрицательные температуры воздуха, при которых замерзают облачные капли и растут ледяные кристаллы, наблюдаются уже на сравнительно небольшой высоте, при наличии конвекции образуются плоские кучево-дождевые облака (*Cb hum.*), дающие, однако, достаточно интенсивные осадки. Особенно типичны *Cb hum.* для районов Крайнего Севера и приморских районов. В кучево-дождевых облаках выделяют 2 вида: кучево-дождевые лысые и кучево-дождевые волосатые.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие виды классификаций облаков вы знаете?
2. В чем принцип морфологической классификации облаков?
3. В чем состоит практическое значение классификации облаков?

Рекомендуемая литература

1. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология [Текст]: учеб. пособие. – Изд. 2-е, доп. и перераб. / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 227 с.

2. Морозов, А.Е. Метеорология и климатология. Термины, понятия, определения [Текст]: словарь-справочник / А.Е. Морозов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – 135 с.

3. Атлас облаков / Д.П. Беспалов, А.М. Девяткин, Ю.А. Довгало, В.И. Кондратюк, Ю.В. Кулешов, Т.П. Светлова, С.С. Суворов, В.И. Тимофеев. – СПб: Д'АРТ, 2011. – 248 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Распределение метеостанций по субъектам Российской Федерации

Территории и наименования станций		
Агинский Бурятский автономный округ (1 станция)		
Агинское		
Республика Адыгея (2 станции)		
Майкоп	Хабары	
Республика Алтай (12 станций)		
Беля	Кызыл-Озек	Усть-Кокса
Горно-Алтайск	Онгудай	Чемал
Катанда	Турочак	Шебалино
Кош-Агач	Усть-Кан	Яйлю
Алтайский край (24 станции)		
Алейская	Камень-на-Оби	Солонешное
Баево	Ключи	Тальменка
Барнаул	Краснощеково	Тогул
Бийск	Поспелиха	Троицкое
Бийск-Зональная	Ребриха	Угловское
Волчиха	Родионо	Целинное
Заринск	Рубцовск	Чарышское
Змеиногорск	Славгород	Шелаболиха
Амурская область (28 станций)		
Архара	Зея	Сергеевка
Белогорск	Игнашино	Сковородино
Благовещенск	Локшак	Тында
Бомнак	Лопча	Усть-Нюкжа
Братолюбовка	Магдагачи	Черняево
Бысса	Мазаново	Шевли
Верхняя Томь	Нора	Шимановск
Джалинда	Норск	Экимчан
Ерофей Павлович	Поярково	
Завитая	Свободный	
Башкортостан республика (9 станций)		
Акъяр	Дуван	Стерлитамак
Бакалы	Зилаир	Уфа
Бирск	Мелеуз	Янаул
Белгородская область (4 станции)		
Белгород	Новый Оскол	
Готня	Старый Оскол	

Территории и наименования станций		
Брянская область (6 станций)		
Брянск	Карачев	Трубчевск
Жуковка	Красная Гора	Унеча
Республика Бурятия (29 станций)		
Багдарин	Кяхта	Телемба
Баргузин	Мухоршибирь	Тилишма
Баргузинский заповедник	Нижнеангарск	Уакит
Бичура	Новоселенгинск	Улан-Удэ
Горячинск	Петропавловка	Усть-Антосе
Гоуджекит	Романовка	Усть-Баргузин
Замакта	Санага	Усть-Заза
Кабанск	Сосново-Озерское	Хоринск
Карафтит	Таксимо	Цакир
Курумкан	Тасса	
Владимирская область (6 станций)		
Александров	Вязники	Петушки
Владимир	Гусь-Хрустальный	Юрьев-Польский
Волгоградская область (12 станций)		
Богучар	Иловля	Серафимович
Волгоград	Камышин	Урюпинск
Даниловка	Нижний Чир	Фролово
Елань	Паласовка	Эльтон
Вологодская область (8 станций)		
Бабаево	Вологда	Тотьма
Белозерск	Вытегра	Череповец
Вожега	Никольск	
Воронежская область (6 станций)		
Анна	Воронеж	Лиски
Борисоглебск	Калач	Павловск
Республика Дагестан (10 станций)		
Ахты	Кизляр	Хасавюрт
Буйнакск	Кочубей	Южно-Сухокумск
Дербент	Махачкала	
Кеда	Сергокала	
Ивановская область (4 станции)		
Иваново	Приволжск	
Кинешма	Юрьевец	
Республика Ингушетия (1 станция)		
Орджоникидзевская		

Территории и наименования станций		
Иркутская область (47 станций)		
Алыгджер	Иркутск	Тайшет
Аршан	Казачинское	Тангуй
Бабушкин	Качуг	Танхой
Байкальск	Киренск	Томпа
Балаганск	Култук	Тулун
Баяндай	Кырен	Тунка
Бодайбо	Монды	Тырка
Бохан	Нерой	Усолье-Сибирское
Братск	Нижнеудинск	Усть-Илимск
Верхняя Гутара	Новочунка	Усть-Кут
Ербогачен	Орлик	Усть-Уда
Жигалово	Орлинга	Хамар-Дабан
Залари	Остров	Червянка
Заярск	Большой Ушканий	Черемхово
Зима	Светлый	
Ика	Солнечная	
Инга	Таежная	
Республика Кабардино-Балкария (2 станции)		
Нальчик	Прохладная	
Калининградская область (6 станций)		
Балтийск	Калининград	Советск
Железнодорожный	Пионерский	Черняховск
Республика Калмыкия (6 станций)		
Артезиан	Малые Дербеты	Юста
Городовиковск	Элиста	Яшкуль
Калужская область (6 станций)		
Жиздра	Малоярославец	Спас-Деменск
Калуга	Мосальск	Сухиничи
Камчатская область (23 станции)		
Большерецк	Мыс Африка	Пушино
Водопадная	Мыс Озерный	Семячик
Долиновка	Начики	Сосновка
Ича	Никольское	Усть-Камчатск
Ключи	Озерная	Чемурнаут
Козыревск	Октябрьская	Эссо
Кроноки	Петропавловск-	
Мыс Лопатка	Камчатский	
Мильково	Петропавловский маяк	

Территории и наименования станций		
Карачаево-Черкесская Республика (2 станции)		
Клухорский перевал	Черкесск	
Республика Карелия (17 станций)		
Калевала	Олонец	Сегежа
Колежма	Остров Валаам	Сортавала
Кондопога	Паданы	Суоярви
Куганаволок	Петрозаводск	Энгозеро
Маячный	Пудож	Юшкозеро
Медвежьегорск	Реболы	
Кемеровская область (17 станций)		
Барзас	Красное	Тисуль
Белово	Кузедеево	Усть-Кабырза
Кемерово	Мариинск	Центральный рудник
Киселевск	Междуреченск	Юрга
Кондома	Новокузнецк	Яя
Крапивино	Тайга	
Кировская область (14 станций)		
Вятские Поляны	Котельнич	Опарино
Даровское	Кумены	Уни
Кильмезь	Лальск	Шабалино
Киров	Нагорское	Яранск
Кирс	Нолинск	
Республика Коми (20 станций)		
Весляна	Обьячево	Троицко-Печорское
Воркута	Окунев Нос	Усть-Кулом
Вуктыл	Петрунь	Усть-Уса
Ижма	Печора	Усть-Цильма
Кедва-Вом	Помоздино	Ухта
Кослан	Пустошь	Якша
Мутный Материк	Сыктывкар	
Корякский автономный округ (11 станций)		
Апука	Оссора	Тигиль
Верхнее Пенжино	Палана	Усть-Воямполка
Каменское	Слаутное	Усть-Хайрюзово
Корф	Теви	
Костромская область (7 станций)		
Буй	Кострома	Шарья
Вохма	Николо-Полома	
Кологрив	Пыщуг	

Территории и наименования станций		
Краснодарский край (21 станция)		
Анапа	Ейск	Новороссийск
Армавир	Каневская	Приморско-Ахтарск
Белая глина	Краснодар	Славянск-на-Кубани
Геленджик	Кропоткин	Сочи (Адлер)
Горячий Ключ	Крымск	Тихорецк
Джубга	Кубанская	Туапсе
Должанская	Куцевская	Усть-Лабинск
Красноярский край (63 станции)		
Абан	Идринское	Новобирилюссы
Агинское	Ирбейское	Оленья Речка
Александровский Шлюз	Казачинское	Пировское
Артемовск	Казыр	Светлолобово
Ачинск	Канск	Северо-Енисейск
Бахта	Каратузское	Советская Речка
Боготол	Кача	Стрелка
Богучаны	Келлог	Сухобузимское
Большая Мурта	Кемчуг	Сым
Большой Порог	Колба	Тасеево
Большой Улуй	Красноярск	Туруханск
Бор	Курагино	Тюхтет
Верещагино	Курейка	Ужур
Верхнеимбатск	Лебяжье	Усть-Уса
Верхний Амыл	Лосиноборское	Уяр
Ворогово	Минусинск	Шалинское
ГМО им. Е.К. Федорова	Мотыгино	Шарыпово
Дзержинское	Мыс Стерлигова	Шумиха
Енисейск	Назарово	Щетинкино
Ермаковское	Назимово	Янов Стан
Игарка	Нижне-Усинское	Ярцево
Курганская область (11 станций)		
Далматово	Макушино	Целинное
Звериноголовское	Памятная	Шадринск
Курган	Петухово	Шатрово
Куртамыш	Половинное	
Курская область (7 станций)		
Курск	Обоянь	Тим
Льгов	Поныри	
Ново-Касторное	Рыльск	

Территории и наименования станций		
Ленинградская область (16 станций)		
Белогорка	Кингисепп	Петрокрепость
Винницы	Кириши	Санкт-Петербург
Вознесенье	Лодейное поле	Сосново
Волосово	Николаевская	Тихвин
Выборг	Новая Ладога	
Ефимовская	Озерки	
Липецкая область (4 станции)		
Елец	Лев Толстой	
Конь-Колодезь	Липецк	
Магаданская область (33 станции)		
Арка	Лабазная	Средникан
Армань	Магадан	Сусуман
Балыгычан	Мадаун	Тайгонос
Бохапча	Мыс Алевина	Талая
Брохово	Мыс Братьев	Талон
Гижига	Ола	Уега
Озеро Джека Лондона	Омсукчан	Усть-Омчуг
Каньон	Остров Спафарьева	Ушки
Кегали	Палатка	Хейджан
Кедон	Сеймчан	Шелехова
Кулу	Совхоз Эльген	Ягодное
Республика Марий Эл (4 станции)		
Йошкар-Ола	Морки	
Козьмодемьянск	Новый Торъял	
Мордовия (4 станции)		
Краснослободск	Темников	
Саранск	Торбеево	
Московская область (19 станций)		
Быково	Коломна	Павловское
Внуково	Можайск	Серпухов
Волоколамск	Москва	Третьяково
Домодедово	Наро-Фоминск	Черусти
Егорьевск	Немчиновка	Шереметьево
Кашира	Ново-Иерусалим	
Клин	Павловский Посад	
Мурманская область (31 станция)		
Апатиты	Колмъявр	Пялица
Вайда Губа	Краснощелье	Святой Нос

Территории и наименования станций		
Верховье р. Лотты	Ловозеро	Териберка
Губа Дроздовка	Мончегорск	Туманная
Зареченск	Мурманск	Умба
Зашеек	Мурмаши	Ура-Губа
Кандалакша	Ниванкуль	Цып-Наволоок
Каневка	Никель	Чаваньга
Кашкаранцы	Остров Харлов	Янискоски
Ковда	Падун	
Ковдор	Полярный	
Ненецкий автономный округ (18 станций)		
Амдерма	Мыс Белый Нос	Сенгейский Шар
Бугрино	Мыс Костантиновский	Усть-Кара
Индига	Мыс Микулкин	Ходовариха
Канин Нос	Нарьян-Мар	Хорей-Вер
Колгуев Северный	Несь	Хоседа-Хард
Коткино	Нижняя Пеша	Шойна
Нижегородская область (12 станций)		
Ветлуга	Красные Баки	Павлово
Волжская ГМО	Лукоянов	Саров
Воскресенское	Лысково	Сергач
Выкса	Нижний Новгород	Шахунья
Новгородская область (1 станция)		
Великий Новгород		
Новосибирская область (34 станции)		
Баган	Красноозерск	Сузун
Барабинск	Крещенка	Татарск
Болотное	Купино	Тогучин
Венгерово	Кыштовка	Толмачево
Довольное	Маслянино	Убинское
Здвинск	Мошково	Ужаниха
Искитим	Новосибирск	Усть-Тарка
Карасук	Обская ГМО	Чаны
Каргат	Огурцово	Чистоозерное
Колывань	Ордынское	Чулым
Коченево	Посевная	
Кочки	Северное	
Омская область (17 станций)		
Большеречье	Павлоградка	Тевриз
Большие Уки	Полтавка	Тюкалинск

Территории и наименования станций		
Исилькуль	Русская Поляна	Усть-Ишим
Калачинск	Саргатское	Черлак
Называевск	Омск	Шербакуль
Одесское	Тара	
Оренбургская область (3 станции)		
Бугуруслан	Бузулук	Оренбург
Орловская область (6 станций)		
Болхов	Дмитровск-Орловский	Мценск
Верховье	Ливны	Орел
Пензенская область (4 станции)		
Городище	Пачелма	
Заметчино	Пенза	
Пермский край (18 станций)		
Березники	Кочевое	Оханск
Бисер	Кудымкар	Пермь
Верещагино	Кунгур	Чайковский
Гайны	Лысьва	Чердынь
Губаха	Ножовка	Чермоз
Коса	Оса	Чернушка
Приморский край (42 станции)		
Агзу	Красный Яр	Преображение
Анучино	Лазо	Родниковая
Арсеньев	Лесозаводск	Рощиной
Артем	Малая кема	Рудная Пристань
Астраханка	Малиново	Самарка
Барабаш	Маргаритово	Свиягино
Березняки	Мельничное	Сосуново
Владивосток	Находка	Тереховка
Гамов	Ольга	Терней
Глубинное	Охотничий	Тимирязевский
Дальнереченск	Партизанск	Турий Рог
Золотой	Пограничный	Хороль
Кавалерово	Полтавка	Чугуевка
Кировский	Посьет	Яковлевка
Псковская область (6 станций)		
Великие Луки	Дно	Псков
Гдов	Опочка	Пушкинские Горы
Ростовская область (18 станций)		
Боковская	Каменск-Шахтинский	Ростов-на-Дону
Валуйки	Константиновск	Таганрог

Территории и наименования станций		
Гигант	Матвеев Курган	Целина
Зерноград	Миллерово	Цимлянск
Зимовники	Морозовск	Чертково
Казанская	Ремонтное	Шахты
Рязанская область (6 станций)		
Елатьма	Рязск	Сасово
Павелец	Рязань	Тума
Самарская область (6 станций)		
Большая Глушица	Острова Челно-Вершины	Сызрань
Красное поселение	Самара	Тольятти
Саратовская область (13 станций)		
Александров-Гай	Красный Кут	Ртищево
Балаково	Озинки	Саратов
Балашов	Перелюб	Хвалынский
Ершов	Петровск	
Калининск	Пугачев	
Республика Саха (Якутия) (104 станции)		
Агаякан	Комака	Тикси
Айхал	Крест-Хальджай	Токо
Алдан	Крестях	Томмот
Аллах-Юнь	Кюсюр	Томпо
Амга	Ленск	Тонгулах
Анабар	Мача	Туой-Хая
Андрюшкино	Мирный	Тюмети
Батагай	Мыс Кигилях	Тяня
Батагай-Алыта	Мыс Салаурова	Угино
Батамай	Нагорный	Усть-Мая
Белая Гора	Намцы	Усть-Миль
Бердигестях	Нера	Усть-Мома
Бестяхск	Нижнеянский	Усть-Чаркы
Борогонцы	Нюрба	Усть-Юдома
Бухта Амбарчик	Нюя	Учур
Буяга	Оймякон	Хабардино
Верхневилуйск	Олекминск	Хатырык-Хомо
Верхоянск	Оленек	Чаингда
Верхоянский Перевоз	Острова Дунай	Чернышевский
Вилуйск	Охотский Перевоз	Черский
Витим	Покровская	Чокурдах
Восточная	Полярный	Чульман

Территории и наименования станций		
Делянкир	Сангары	Чумпурук
Депутатский	Саняхтат	Чурапча
Джалинда	Саскылах	Чюльбю
Джарджан	Сеген-Кюель	Шелагонцы
Джикимда	Сого-Хая	Ыныкчан
Дорожный	Среднеколымск	Ытык-Кель
Жиганск	Столб	Эйк
Зырянка	Сунтар	Югоренок
Индигирская	Суон-Тит	Юрты
Исить	Сухана	Якутск
Иэма	Таймылыр	Янск
Канку	Тегультя	Ярольин
Килеер	Теплый Ключ	
Сахалинская область (24 станции)		
Вал	Невельск	Северо-Курильск
Александровск-Сахалинский	Новиково	Симушир
Ильинский	Ноглики	Углегорск
Комрво	Ныврово	Уруп
Корсаков	Оха	Холмск
Курильск	Пильво	Южно-Курильск
Монерон	Погиби	Южно-Сахалинск
Мыс Терпения	Пограничное	
	Поронайск	
Свердловская область (29 станций)		
Алапаевск	Каменск-Уральский	Ревда
Артемовский	Камышлов	Североуральск
Бисерть	Кольцово	Серов
Верхнее Дуброво	Красноуфимск	Сысерть
Верхотурье	Кушва	Таборы
Висим	Кытлым	Тавда
Гари	Михайловск	Тугулым
Екатеринбург	Невьянск	Туринск
Ивдель	Нижний Тагил	Шамары
Ирбит-Фомино	Понил	
Республика Северная Осетия – Алания (2 станции)		
Владикавказ	Моздок	
Смоленская область (4 станции)		
Вязьма	Рославль	
Гагарин	Смоленск	

Территории и наименования станций		
Ставропольский край (13 станций)		
Александровское	Красногвардейское	Рощино
Арзгир	Минеральные Воды	Светлоград
Благодарный	Невинномыск	Ставрополь
Буденновск	Ново-Александровск	
Дивное	Пятигорск	
Таймырский автономный округ (9 станций)		
Андрея	Норильск	Остров Преображения
Дудинка	Озеро Таймыр	Сопочная Карга
Кресты Таймырские	Остров Диксон	Хатанга
Тамбовская область (7 станций)		
Жердевка	Моршанс	Тамбов
Кирсанов	Обловка	
Мичуринск	Совхоз им. Ленина	
Республика Татарстан (9 станций)		
Большие Кайбицы	Казань	Тетюши
Бугульма	Лаишево	Чистополь
Елабуга	Муслюмово	Чулпаново
Тверская область (12 станций)		
Белый	Красный Холм	Старица
Бологое	Максатиха	Тверь
Вышний Волочек	Осташков	Торжок
Кашин	Ржев	Торопец
Томская область (28 станций)		
Александровское	Майск	Средний Васюган
Бакчар	Молчаново	Старица
Батурино	Напас	Степановка
Белый Яр	Новый Васюган	Тегульдэт
Березовка	Парабель	Томск
Ванжиль-Кынак	Первомайское	Топки
Каргасок	Подгорное	Тяжин
Кожевниково	Промышленная	Усть-Озерное
Колпашево	Прохоркино	
Красный Яр	Пудино	
Тульская область (3 станции)		
Волово	Ефремов	Тула
Республика Тыва (8 станций)		
КЫЗЫЛ	Сосновка	Чадан
Мугур-Аксы	Тоора-Хем	Эрзин
Сарыг-Сеп	Хову-Аксы	

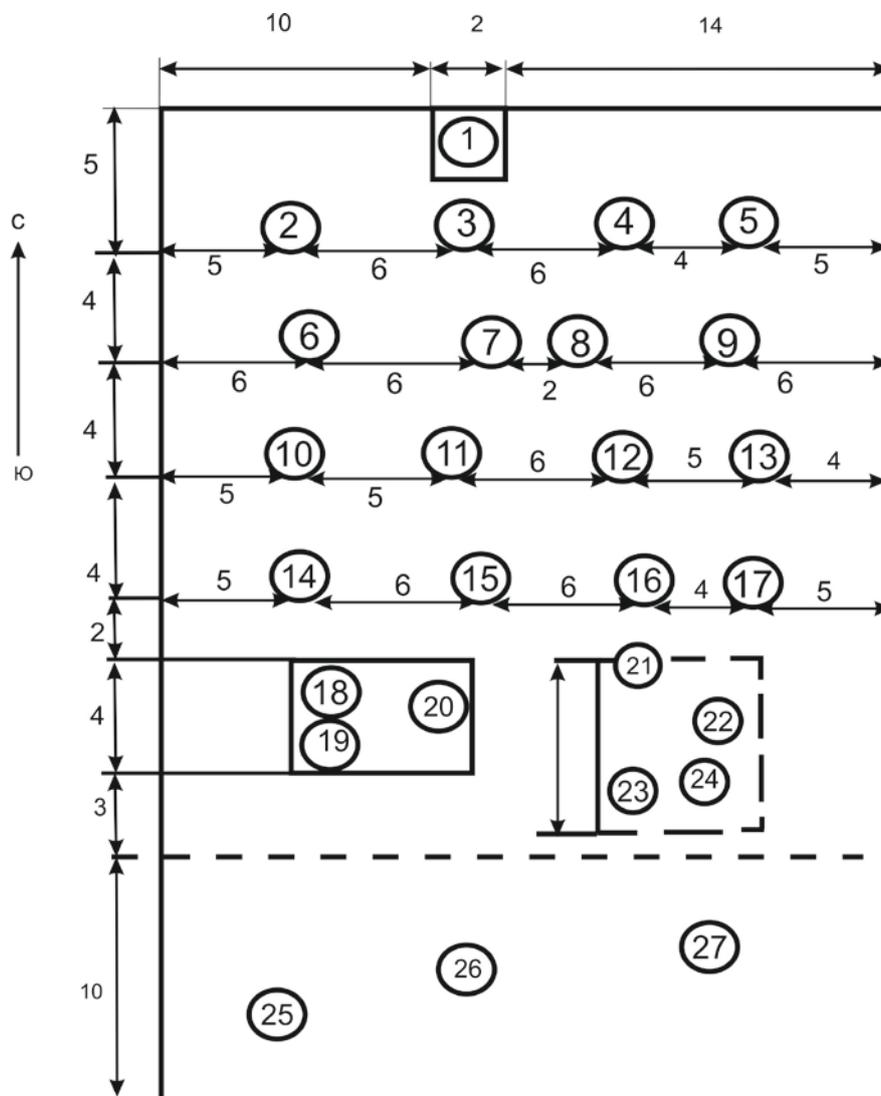
Территории и наименования станций		
Тюменская область (10 станций)		
Абатский	Демьянское	Тюмень
Ваховск	Ишим	Ялуторовск
Викулово	Сладково	
Гольшманово	Тобольск	
Республика Удмуртия (7 станций)		
Воткинск	Ижевск	Селты
Глазов	Можга	
Дебессы	Сарапул	
Ульяновская область (4 станции)		
Инза	Канадей	
Инсар	Ульяновск	
Усть-Ордынский Бурятский автономный округ (2 станции)		
Большое Голоустрое	Усть-Ордынский	
Хабаровский край (54 станции)		
Аян	Екатерино-Никольское	Смидович
Байдуков	Район им. Полины Осипенко	Советская Гавань
Бактор	Иоли	Солекуль
Баладек	Комсомольск-на-Амуре	Софийский Прииск
Батомга	Кур	Сукпай
Бикин	Курун-Урях	Тивяку
Биробиджан	Ленинское	Троицкое
Бичева	Лермонтовка	Тумнин
Богородское	Литке	Удское
Бурукан	Мопау	Улья
Верховье Умри	Нелькан	Урми
Веселая Горка	Нижне-Тамбовское	Усть-Умальта
Вяземская	Николаевск-на-Амуре	Хабаровск
Гвасюги	Облучье	Хуларин
Георгиевка	Остров Большой Шантар	Циммермановка
Горин	Охотск	Чекунда
Гуга	Сегжема	Чумикан
Джана	Сектагли	Энкан
Республика Хакасия (12 станций)		
Абакан	Кантегир	Первомайское
Аскиз	Коммунар	Таштып
Бея	Ненастная	Хакасская
Большой Он	Неожиданный	Черемушки
Ханты-Мансийский автономный округ (24 станции)		
Алтай	Леуши	Сосьва
Березово	Нефтеюганск	Сургут

Территории и наименования станций		
Воньеган	Нижневартовск	Сытомино
Игрим	Нижнесортнымск	Таурово
Казым	Няксимволь	Угут
Когалым	Октябрьское	Ханты-Мансийск
Куминская	Радужный	Шаим
Ларьяк	Саранпауль	Юильск
Челябинская область (15 станций)		
Аргаяш	Карталы	Миасс
Бреды	Катав-Ивановск	Нязепетровск
Бродокалмак	Кизильское	Троицк
Верхний Уфалей	Комсомолец	Челябинск
Златоуст	Магнитогорск	Южноуральск
Чеченская республика (1 станция)		
Грозный		
Читинская область (51 станция)		
Акша	Ксеньевская	Средняя Олекма
Александровский завод	Кыкер	Сретенск
Амазар	Кыра	Тунгокочен
Балей	Мангут	Тупик
Беклемишево	Менза	Улеты
Большая Лепринда	Могзон	Усть-Кара
Борзя	Могоча	Усть-Каренга
Букукун	Нерчинск	Усугли
Горекатан	Нерчинский Завод	Хилок
Дарасун	Нижний Цасучей	Хулугли
Доно	Ничатка	Чара
Забайкальск	Оловянная	Черемхово
Кайластуй	Петровский Завод	Чита
Калакан	Покровка	Шелопугино
Карымская	Приаргунск	Шилка
Катугино	Соловьевск	Юмурчен
Красный Чикой	Средний Калар	Ямкун
Чувашская республика (3 станции)		
Алатырь	Канаш	Чебоксары
Чукотский автономный округ (22 станции)		
Анадырь	Коркодон	Серов
Бараниха	Марково	Танюерер
Березово	Мыс Биллингса	Усть-Олой
Билибино	Мыс Уэлен	Чаун
Бисер	Мыс Шмидта	ЭгвекиноТ

Территории и наименования станций		
Бухта Провидения	Омолон	Эньмувеем
Валькаркай	Остров Айон	
Илирней	Певек	
Эвенкийский автономный округ (13 станций)		
Агата	Кербо	Усть-Камо
Байкит	Кузьмовка	Учами
Ванавара	Полигус	Чемдальск
Вельмо	Тура	
Ессей	Тутончаны	
Ямало-Ненецкий автономный округ (24 станции)		
Антипаюта	Новый Уренгой	Салемал
Гыдоямо	Ноябрьск	Салехард
Красноселькупск	Ныда	Сеяха
Марресаля	Остров Вилькицкого	Сидоровск
Моржовая	Пангоды	Тазовский
Мужи	Питляр	Тамбей
Надым	Полуй	Тарко-Сале
Новый Порт	Ра-Из	Толька
Ярославская область (5 станций)		
Переславль-Залесский	Ростов	Ярославль
Пошехонье-Володарск	Рыбинск	

ИТОГО: 82 региона, 1 233 станции

Схема размещения приборов и установок на метеорологической площадке (размеры и расстояния в метрах)



- 1 – геодезический репер станции; 2 – флюгер с легкой доской;
- 3 – датчик анеморумбометра (анеморумбографа); 4 – флюгер с тяжелой доской;
- 5 – гололедный станок; 6 – будка психрометрическая; 7 – снегомерная рейка;
- 8 – будка психрометрическая запасная; 9 – будка для самописцев;
- 10 – прибор для измерения МДВ (например, установка М-53); 11 – осадкомер;
- 12 – плювиограф; 13 – запасной столб осадкомера (при снежном покрове);
- 14 – снегомерная рейка; 15 – гелиограф; 16 – ледоскоп; 17 – росограф;
- 18 – участок, оголенный от растительного покрова, для установки напочвенных (19) и коленчатых термометров Савинова (20); 21 – снегомерная рейка;
- 22 – участок с естественным растительным покровом для установки почвенно-глубинных термометров (23) и мерзлотомера (24);
- 25 – установка для измерения вертикальных градиентов температуры и влажности воздуха; 26 – установка для измерения изменчивости скорости ветра с высотой;
- 27 – актинометрическая установка (стойка с приборами)

Примерные сроки проведения наблюдений на метеорологических станциях, оснащенных приборами местного действия

Выполняемая работа	Время московское (декретное), часы : минуты	
	Начало	Окончание
Подготовка приборов и установок, находящихся на метеоплощадке, к измерениям	02:20	02:30
	05:20	05:30
	08:20	08:30
	11:20	11:30
	14:20	14:30
	17:20	17:30
	20:20	20:30
	23:20	23:30
Определение состояния поверхности почвы (наличие снежного покрова, гололеда, инея, росы и т. д.)	08:30	08:30
	20:30	20:30
Измерение метеорологической дальности видимости (МДВ); определение облачности; измерение температуры почвы на поверхности и на глубинах до 40 см [*]	02:30	02:43
	05:30	05:43
	08:30	08:43
	11:30	11:43
	14:30	14:43
	17:30	17:43
	20:30	20:43
	23:30	23:43
Измерение температуры почвы на глубинах более 80 см [*]	13:00	13:00
Определение параметров ветра	02:43	02:47
	05:43	05:47
	08:43	08:47
	11:43	11:47
	14:43	14:47
	17:43	17:47
	20:43	20:47
	23:43	23:47
Смена водосборных сосудов осадкомера; отметка времени на ленте пловниографа	02:47	02:49
	08:47	08:49
	14:47	14:49
	20:47	20:49

Выполняемая работа	Время московское (декретное), часы : минуты	
	Начало	Окончание
Измерение температуры и влажности воздуха (снятие показаний психрометрических максимального и минимального термометров и гигрометра); нанесение меток времени на лентах термографа и гигрографа**	02:50	02:52
	05:50	05:52
	08:50	08:52
	11:50	11:52
	14:50	14:52
	17:50	17:52
	20:50	20:52
	23:50	23:52
Переход от площадки к служебному помещению станции	02:52	02:59
	05:52	05:59
	08:52	08:59
	11:52	11:59
	14:52	11:59
	17:52	17:59
	20:52	20:59
Измерение давления атмосферы (по барометру); определение барометрической тенденции по барографу; нанесение метки времени на ленте барографа. Измерение осадков, обработка данных	03:00	03:03
	06:00	06:03
	09:00	09:03
	12:00	12:03
	15:00	15:03
	18:00	18:03
	21:00	21:03
	24:00	00:03

Примечания:

*При снежном покрове высотой 15 см температура почвы определяется только в один срок.

**Измерения с помощью приборов дистанционного действия (анеморумбометр, измеритель дальности видимости, измеритель высоты облаков и др.), если они имеются на станции, производятся в соответствии с указаниями «Наставления». Смена лент гелиографа, наблюдения за обледенением, снегомерные съемки производятся согласно «Наставлению». Наблюдения за атмосферными явлениями производятся непрерывно. Смена лент термографа, гигрографа, барографа производится в срок, ближайший к 13 часам, а пювниографа – к 20 часам декретного времени данного пояса. Измерение высоты снежного покрова по стационарным рейкам производится в срок, ближайший – 08 часов декретного времени данного пояса.

Значения международной практической температуры, присвоенные постоянным точкам МПТШ-68, и состояния равновесия веществ при давлении 760 мм рт. ст. (за исключением тройных точек)*

Состояние равновесия вещества	°К	°С
Равновесие между жидкой и парообразной фазами кислорода (точка кипения кислорода)	90,188	-182,962
Равновесие между твердой, жидкой и парообразной фазами воды (тройная точка воды)	273,16	0,01
Равновесие между жидкой и парообразной фазами воды (точка кипения воды)	373,15	100
Равновесие между твердой и жидкой фазами олова (точка затвердевания олова)	515,12	231,97

* Точки для более низкой и высокой температур здесь не приводятся.

Приложение 5

Упругость пара, насыщающего пространство
над плоской поверхностью чистой воды, переохлажденной воды
и над плоской поверхностью чистого льда

$t, ^\circ\text{C}$	$e, \text{мбар}$	$t, ^\circ\text{C}$	$e, \text{мбар}$	$t, ^\circ\text{C}$	$e, \text{мбар}$	$t, ^\circ\text{C}$	$e, \text{мбар}$
<i>Над водой</i>							
0	6,108	14,0	15,977	28,0	37,796	42,0	82,015
0,5	6,333	14,5	16,503	28,5	38,911	42,5	84,194
1,0	6,566	15,0	17,044	29,0	40,055	43,0	86,423
1,5	6,807	15,5	17,600	29,5	41,228	43,5	88,703
2,0	7,055	16,0	18,173	30,0	42,430	44,0	91,034
2,5	7,311	16,5	18,762	30,5	43,663	44,5	93,418
3,0	7,575	17,0	19,367	31,0	44,927	45,0	95,855
3,5	7,848	17,5	19,990	31,5	46,223	45,5	98,347
4,0	8,129	18,0	20,630/	32,0	47,551	46,0	100,89
4,5	8,420	18,5	21,288	32,5	48,912	46,5	103,50
5,0	8,719	19,0	21,964	33,0	50,307	47,0	106,16
5,5	9,028	19,5	22,659	33,5	51,736	47,5	108,88
6,0	9,347	20,0	23,373	34,0	53,200	48,0	111,66
6,5	9,675	20,5	24,107	34,5	54,700	48,5	114,50
7,0	10,013	21,0	24,861	35,0	56,236	49,0	117,40
7,5	10,362	21,5	25,635	35,5	57,810	49,5	120,37
8,0	10,722	22,0	26,430	36,0	59,422	50,0	123,40
8,5	11,092	22,5	27,247	36,5	61,072	50,5	126,49
9,0	11,474	23,0	28,086	37,0	62,762	51,0	129,65
9,5	11,867	23,5	28,947	37,5	64,493	51,5	132,88
10,0	12,272	24,0	29,831	38,0	66,264	52,0	136,17
10,5	12,690	24,5	30,739	38,5	68,078	52,5	139,54
11,0	13,119	25,0	31,671	39,0	69,934	53,0	142,98
11,5	13,562	25,5	32,627	39,5	71,833	53,5	146,49
12,0	14,017	26,0	33,608	40,0	73,777	54,0	150,07
12,5	14,486	26,5	34,615	40,5	75,767	54,5	153,73
13,0	14,969	27,0	35,649	41,0	77,802	55,0	157,46
13,5	15,466	27,5	36,709	41,5	79,885	55,5	161,27
56,0	165,16	57,5	177,31	58,5	185,83	59,5	194,69
56,5	169,13	58,0	181,53	59,0	190,22	60,0	199,26
57,0	173,18	–	–	–	–	–	–
<i>Над переохлажденной водой</i>							
-50,0	0,0636	-29,5	0,5333	-19,5	1,3091	-9,5	2,9778
-49,0	0,0712	-29,0	0,5589	-19,0	1,3664	-9,0	3,0971
-48,0	0,0798	-28,5	0,5856	-18,5	1,4259	-8,5	3,2205
-47,0	0,0892	-28,0	0,6134	-18,0	1,4877	-8,0	3,3484
-46,0	0,0996	-27,5	0,6425	-17,5	1,5519	-7,5	3,4807
-45,0	0,1111	-27,0	0,6727	-17,0	1,6186	-7,0	3,6177
-44,0	0,1239	-26,5	0,7042	-16,5	1,6879	-6,5	3,7594
-43,0	0,1379	-26,0	0,7371	-16,0	1,7597	-6,0	3,9061

<i>t</i> , °C	<i>e</i> , мбар	<i>t</i> , °C	<i>e</i> , мбар	<i>t</i> , °C	<i>e</i> , мбар	<i>t</i> , °C	<i>e</i> , мбар
<i>Над переохлажденной водой</i>							
-42,0	0,1534	-25,5	0,7713	-15,5	1,8343	-5,5	4,0579
-41,0	0,1704	-25,0	0,8070	-15,0	1,9118	-5,0	4,2148
-40,0	0,1891	-24,5	0,8441	-14,5	1,9921	-4,5	4,3772
-39,0	0,2097	-24,0	0,8827	-14,0	2,0755	-4,0	4,5451
-38,0	0,2323	-23,5	0,9230	-13,5	2,1619	-3,5	4,7187
-37,0	0,2571	-23,0	0,9649	-13,0	2,2515	-3,0	4,8981
-36,0	0,2842	-22,5	1,0084	-12,5	2,3445	-2,5	5,0836
-35,0	0,3139	-22,0	1,0538	-12,0	2,4409	-2,0	5,2753
-34,0	0,3463	-21,5	1,1009	-11,5	2,5408	-1,5	5,4734
-33,0	0,3818	-21,0	1,1500	-11,0	2,6443	-1,0	5,6780
-32,0	0,4205	-20,5	1,2010	-10,5	2,7516	-0,5	5,8894
-31,0	0,4628	-20,0	1,2540	-10,0	2,8627	0	6,1078
-30,0	0,5088	–	–	–	–	–	–
<i>Надо льдом</i>							
-70,0	0,0026	-44,0	0,0810	-24,0	0,6985	-11,5	2,271
-69,0	0,0030	-43,0	0,0910	-23,5	0,7339	-11,0	2,376
-68,0	0,0035	-42,0	0,1021	-23,0	0,7709	-10,5	2,484
-67,0	0,0041	-41,0	0,1145	-22,5	0,8097	-10,0	2,597
-66,0	0,0047	-40,0	0,1283	-22,0	0,8502	-9,5	2,715
-65,0	0,0054	-39,0	0,1436	-21,5	0,8926	-9,0	2,837
-64,0	0,0062	-38,0	0,1606	-21,0	0,9370	-8,5	2,965
-63,0	0,0072	-37,0	0,1794	-20,5	0,9833	-8,0	3,097
-62,0	0,0082	-36,0	0,2002	-20,0	1,032	-7,5	3,236
-61,0	0,0094	-35,0	0,2233	-19,5	1,082	-7,0	3,379
-60,0	0,0108	-34,0	0,2488	-19,0	1,135	-6,5	3,529
-59,0	0,0124	-33,0	0,2769	-18,5	1,190	-6,0	3,685
-58,0	0,0141	-32,0	0,3079	-18,0	1,248	-5,5	3,846
-57,0	0,0161	-31,0	0,3421	-17,5	1,308	-5,0	4,015
-56,0	0,0184	-30,0	0,3798	-17,0	1,371	-4,5	4,190
-55,0	0,0209	-29,5	0,4000	-16,5	1,437	-4,0	4,372
-54,0	0,0238	-29,0	0,4213	-16,0	1,506	-3,5	4,561
-53,0	0,0270	-28,5	0,4435	-15,5	1,577	-3,0	4,757
-52,0	0,0307	-28,0	0,4669	-15,0	1,652	-2,5	4,961
-51,0	0,0348	-27,5	0,4913	-14,5	1,730	-2,0	5,173
-50,0	0,0394	-27,0	0,5170	-14,0	1,811	-1,5	5,394
-49,0	0,0445	-26,5	0,5438	-13,5	1,895	-1,0	5,623
-48,0	0,0503	-26,0	0,5720	-13,0	1,984	-0,5	5,860
<i>Над переохлажденной водой</i>							
-47,0	0,0567	-25,5	0,6015	-12,5	2,076	0,0	6,107
-46,0	0,0639	-25,0	0,6323	-12,0	2,172	–	–
-45,0	0,0720	-24,5	0,6646	–	–	–	–

Средние месячные и годовые температуры воздуха, °С

№ задания	Станция	Месяцы												В среднем за год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Кушва	-17,7	-14,0	-7,4	4,4	9,5	16,0	15,4	15,3	8,3	-6,1	-8,3	-12,5	0,2
2	Тавда	-20,3	-13,3	-8,7	5,2	10,5	17,3	16,5	16,8	8,7	-6,2	-9,4	-14,9	0,1
3	Верхняя Салда	-17,8	-13,4	-7,7	4,7	9,9	16,8	15,6	15,8	8,7	-5,9	-8,4	-12,4	0,5
4	Туринск	-19,9	-13,9	-8,8	4,8	10,0	17,1	16,2	16,6	8,9	-6,4	-9,3	-14,4	0,1
5	Нижний Тагил	-17,9	-13,5	-8,5	4,4	9,7	16,2	15,0	15,0	8,1	-6,2	-8,5	-12,8	0,1
6	Алапаевск	-18,2	-13,1	-8,1	5,4	10,3	17,3	16,0	16,2	9,0	-5,5	-8,2	-13,8	0,6
7	Висим	-19,9	-13,7	-9,5	3,8	9,4	16,0	14,7	14,8	7,5	-6,8	-9,1	-14,2	-0,6
8	Туринская слобода	-20,6	-13,7	-10,0	5,0	10,5	17,6	16,1	16,5	8,9	-6,4	-9,9	-15,6	-0,1
9	Невьянск	-17,4	-13,0	-8,0	5,0	10,5	17,1	15,5	15,9	8,6	-5,7	-8,4	-12,7	0,6
10	Артемовский	-18,7	-13,6	-8,6	5,4	10,5	17,4	16,0	16,1	9,0	-5,7	-8,6	-14,3	0,4
11	Шамары	-18,7	-13,0	-9,0	4,2	10,6	16,8	15,6	15,8	8,3	-5,8	-8,8	-14,2	0,2
12	Кузино	-18,3	-13,2	8,9	4,6	10,3	16,5	14,8	15,2	7,6	-6,3	-8,9	-14,3	-0,1
13	Бисерть	-19,3	-12,6	-10,2	4,8	10,7	16,8	14,9	15,9	8,0	-6,3	-8,8	-13,5	0,0
14	Ревда	-18,4	-12,8	-9,4	4,6	10,4	16,9	15,1	15,7	8,1	-6,1	-8,8	-14,0	0,1
15	Камышлов	-18,5	-13,0	-8,7	6,0	11,5	18,2	16,3	17,1	9,4	-5,6	-8,9	-14,7	0,8
16	Екатеринбург	-16,4	-12,2	-7,2	5,8	11,5	18,2	15,8	16,8	9,2	-5,1	-7,8	-12,3	0,4
17	Богданович	-18,7	-13,4	-9,4	5,4	11,2	17,5	16,0	16,8	9,0	-5,4	-9,2	-14,8	0,4
18	Сысерть	-17,3	-12,7	-8,8	5,2	10,8	17,6	15,4	16,3	8,5	-5,7	-8,3	-13,6	0,6

Месячные и годовые суммы осадков, мм

№ задания	Станция	Месяцы												Сумма за год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Кушва	12	61	2	19	30	55	71	83	19	22	20	7	401
2	Тавда	11	38	2	2	33	39	195	63	66	37	21	6	513
3	Верхняя Салда	18	37	2	9	27	49	86	34	35	21	20	5	343
4	Туринск	15	43	2	7	54	36	93	74	64	30	34	10	462
5	Нижний Тагил	14	47	4	10	25	48	114	75	22	21	17	4	401
6	Алапаевск	17	46	5	14	37	33	104	46	40	17	24	7	390
7	Висим	25	50	3	15	33	49	96	78	31	31	26	15	452
8	Туринская слобода	9	36	1	2	26	64	105	31	39	34	21	10	378
9	Невьянск	9	44	2	9	24	32	101	51	24	16	20	2	334
10	Артемовский	10	46	2	10	22	35	94	38	21	19	22	6	325
11	Шамары	22	62	12	16	29	48	125	109	44	30	41	28	566
12	Кузино	20	63	5	22	46	63	122	70	32	28	32	14	517
13	Бисерть	25	57	4	14	36	61	121	57	30	29	30	22	486
14	Ревда	9	53	1	20	45	50	93	42	27	22	22	5	389
15	Камышлов	8	32	1	7	46	47	100	50	28	18	21	10	368
16	Екатеринбург	10	48	2	8	41	43	97	57	31	21	25	7	389
17	Богданович	8	48	1	10	48	42	137	23	7	19	27	5	375
18	Сысерть	10	44	0	10	54	47	134	23	30	20	27	4	403

Годовой ход температуры воздуха (по данным метеостанции Екатеринбурга)

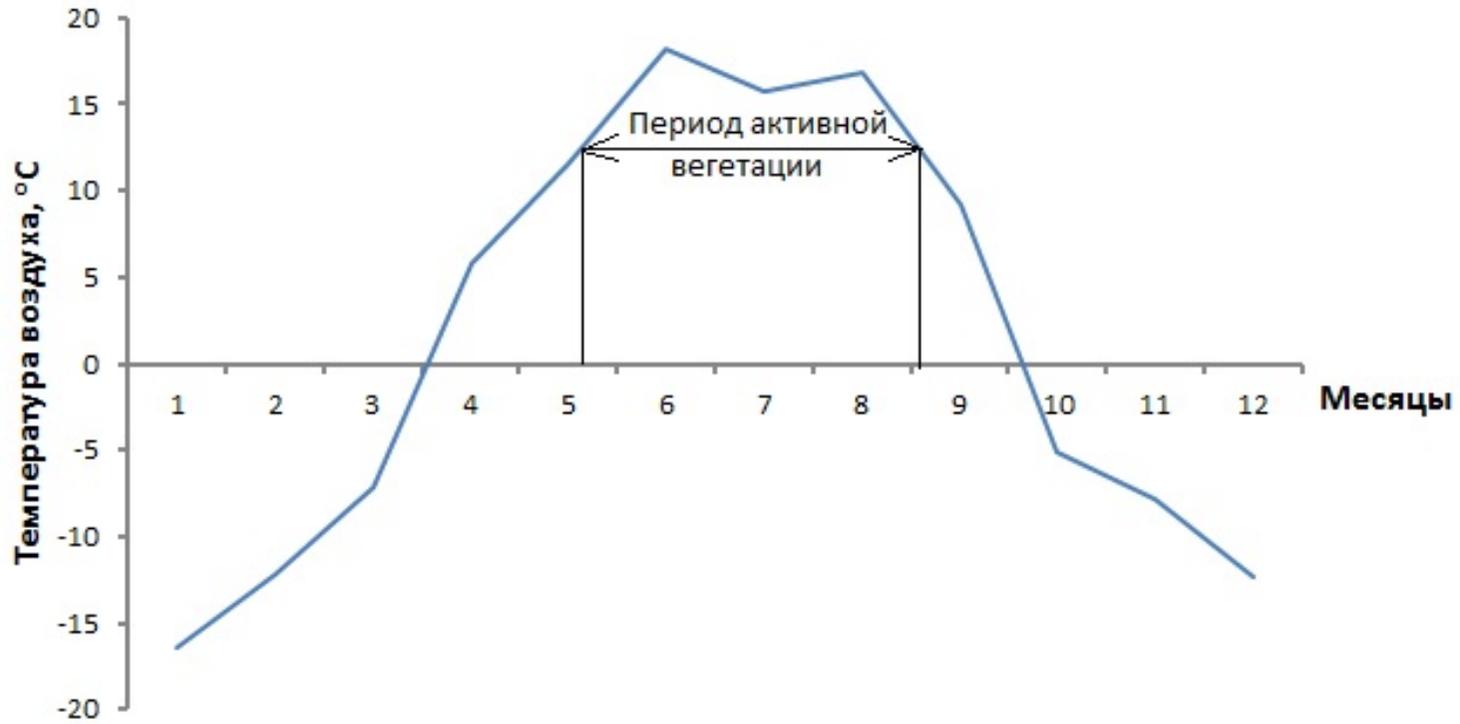


Диаграмма годового хода осадков (по данным метеостанции Екатеринбурга)

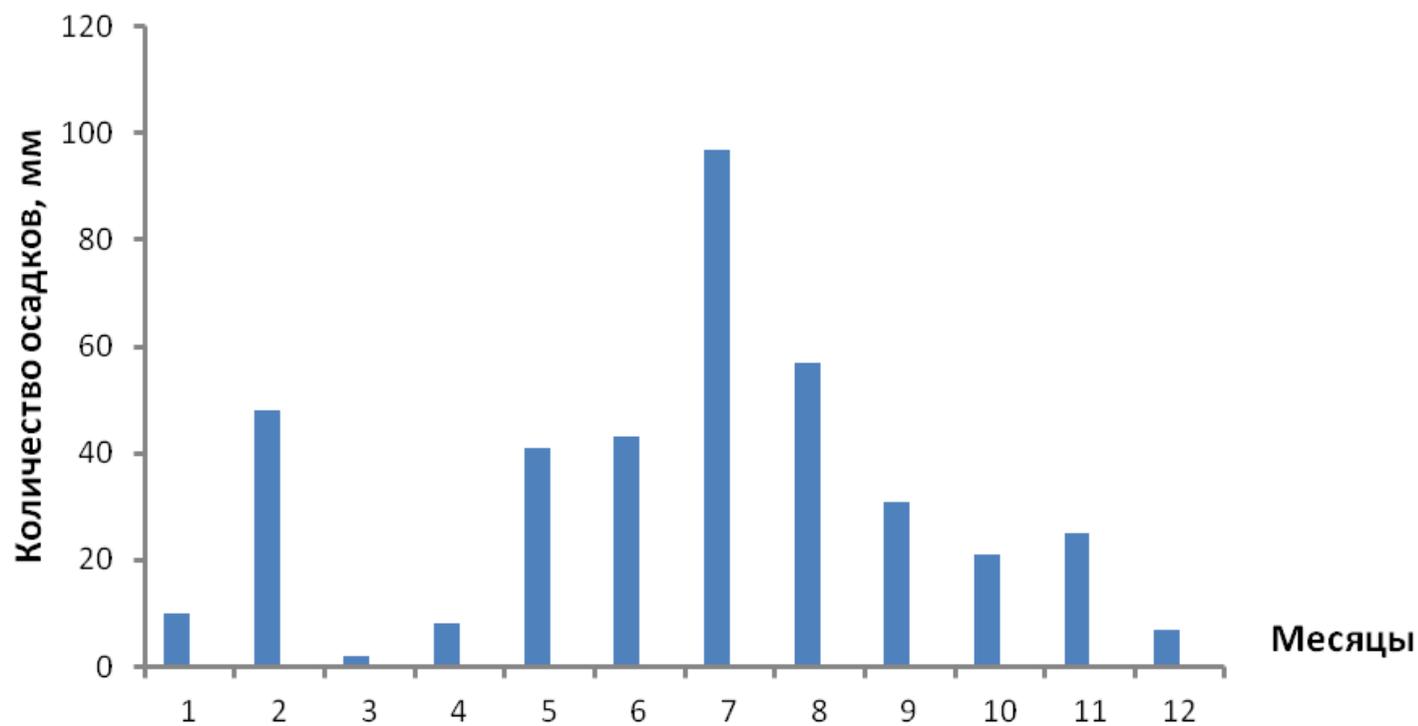
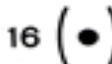
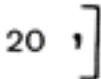
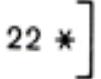
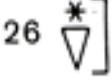
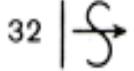
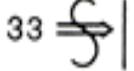
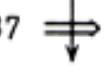
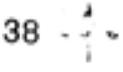
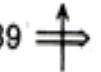
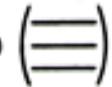
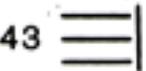


Схема нанесения данных на синоптическую карту
(сокращенный вариант международного кода)



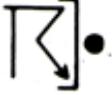
Условные знаки на синоптических картах

Условные обозначения и их расшифровка				
00 	01 	02 	03 	04 
Наблюдений не было	Облака рассеиваются	Небо без изменений	Облака развиваются	Видимость ухудшена из-за дыма
05 	06 	07 	08 	09 
Мгла	Пыль, принесенная издалека	Пыль на станции или вблизи станции	Пыльные или песчаные вихри	Пыльная или песчаная буря в поле зрения, или в срок наблюдения, или на станции в последний час
10 	11 	12 	13 	14 
Дымка	Подземный туман скачками	Подземный туман сплошной	Зарница	Осадки в поле зрения, не достигающие земли
15 	16 	17 	18 	19 
Осадки, достигающие земли более чем в 5 км от станции	Осадки, достигающие земли менее чем в 5 км от станции	Гроза без осадков на станции или в поле зрения	Шквал на станции или в поле зрения	Смерч на станции или в поле зрения

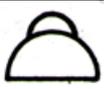
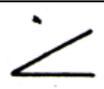
Условные обозначения и их расшифровка				
20 	21 	22 	23 	24 
Морось или снежные зерна	Дождь	Снег	Дождь со снегом	Замерзающие морось или дождь
25 	26 	27 	28 	29 
Ливневый дождь	Ливневый снег или ливневый снег с дождем	Град или крупа	Туман	Гроза
30 	31 	32 	33 	34 
Слабая или умеренная буря ослабевает	Слабая или умеренная буря без изменения	Слабая или умеренная буря усиливается	Сильная буря ослабевает	Сильная буря без изменения
35 	36 	37 	38 	39 
Сильная буря усиливается	Слабый поземок	Сильный поземок	Слабая низовая метель	Сильная низовая метель
40 	41 	42 	43 	44 
Туман на расстоянии	Туман местами	Туман ослабевает, небо видно	Туман ослабевает, небо не видно	Туман без изменения, небо видно

Условные обозначения и их расшифровка				
<p>45 </p> <p>Туман без изменения, небо не видно</p>	<p>46 </p> <p>Туман усиливается, небо видно</p>	<p>47 </p> <p>Туман усиливается, небо не видно</p>	<p>48 </p> <p>Туман просвечивающий, с насаждением изморози</p>	<p>49 </p> <p>Туман сплошной, с осаждением изморози</p>
<p>50 </p> <p>Морось слабая, с перерывами</p>	<p>51 </p> <p>Морось слабая, непрерывная</p>	<p>52 </p> <p>Морось умеренная, с перерывами</p>	<p>53 </p> <p>Морось умеренная, непрерывная</p>	<p>54 </p> <p>Морось сильная, с перерывами</p>
<p>55 </p> <p>Морось сильная, непрерывная</p>	<p>56 </p> <p>Морось слабая, замерзающая (гололед)</p>	<p>57 </p> <p>Морось умеренная или сильно замерзающая (гололед)</p>	<p>58 </p> <p>Морось слабая, с дождем</p>	<p>59 </p> <p>Морось умеренная или сильная, с дождем</p>
<p>60 </p> <p>Дождь слабый, с перерывами</p>	<p>61 </p> <p>Дождь слабый, непрерывный</p>	<p>62 </p> <p>Дождь умеренный, с перерывами</p>	<p>63 </p> <p>Дождь умеренный, непрерывный</p>	<p>64 </p> <p>Дождь сильный, с перерывами</p>
<p>65 </p> <p>Дождь сильный, непрерывный</p>	<p>66 </p> <p>Дождь слабый, замерза- ющий (гололед)</p>	<p>67 </p> <p>Дождь умеренный или сильный, замерзающий (гололед)</p>	<p>68 </p> <p>Дождь или морось со снегом (слабые)</p>	<p>69 </p> <p>Дождь или морось со снегом (умеренные или сильные)</p>

Условные обозначения и их расшифровка				
70 * Снег слабый, с перерывами	71 *** Снег слабый, непрерывный	72 * * Снег умеренный, с перерывами	73 * ** Снег умеренный, непрерывный	74 * * * Снег сильный, с перерывами
75 * ** * Снег сильный, непрерывный	76 ↔ Ледяные иглы	77 → Снежные зерна	78 → Снежные кристаллы, похожие на звездочки	79 △ Ледяной дождь
80 ● ▽ Ливневый дождь, слабый	81 ● ▽ Ливневый дождь, умеренный или сильный	82 ● ● ▽ Ливневый дождь, очень сильный	83 ● * ▽ Ливневый дождь со снегом, слабый	84 ● * ▽ Ливневый дождь со снегом, умеренный или сильный
85 * ▽ Ливневый снег, слабый	86 * ▽ Ливневый снег, слабый умеренный или сильный	87 △ ▽ Ледяная или снежная крупа, слабая	88 △ ▽ Ледяная или снежная крупа, умеренная или сильная	89 ▲ ▽ Град, слабый

Условные обозначения и их расшифровка				
<p>90 </p> <p>Град, умеренный или сильный</p>	<p>91 </p> <p>Гроза в последний час, дождь в слабый срок</p>	<p>92 </p> <p>Гроза в последний час, дождь, умеренный или сильный срок</p>	<p>93 </p> <p>Гроза в последний час, снег или снег с дождем, град или крупа, слабые, в срок</p>	<p>94 </p> <p>Гроза в последний час, снег или снег с дождем, град или крупа умеренные или сильные, в срок</p>
<p>95 </p> <p>Гроза, слабая или умеренная, в срок, с дождем или снегом</p>	<p>96 </p> <p>Гроза, слабая или умеренная, в срок, с градом или крупой</p>	<p>97 </p> <p>Гроза сильная, в срок, с дождем или снегом</p>	<p>98 </p> <p>Гроза в срок, с песчаной или пыльной бурей</p>	<p>99 </p> <p>Гроза сильная, в срок, с градом или крупой</p>

Условные знаки облаков на синоптических картах

Цифра кода	Обозначение на карте	Описание
Облака вертикального развития и нижнего яруса C_L		
1		Cu плоские
2		Cu средние или мощные
3		Cb «лысые»
4		Sc из Cc или Cb
5		Sc не из Cu или Cb
6		St (кроме St, плохая погода)
7		St fr или Cu fr, плохая погода
8		Cu и Sc не из Cu или Cb
9		Cb «волосатые»
Облака среднего яруса C_M		
1		As просвечивающие
2		As не просвечивающие или Ns
3		As просвечивающие, неизменяющиеся
4		As просвечивающие, изменяющиеся
5		As, распространяющиеся по небу
6		As из Cu или Cb

Цифра кода	Обозначение на карте	Описание
7		Ac вместе с As или без них
8		Ac башенками или хлопьями
9		Ac при хаотическом виде неба
Облака верхнего яруса C_H		
1		Ci нитевидные или когтевидные, не распространяющиеся по небу
2		Ci плотные или хлопьевидные
3		Ci плотные из Cb
4		Ci нитевидные или когтевидные, распространяющиеся по небу
5		Cs (иногда Ci) надвигающиеся (ниже 45 градусов)
6		Cs (иногда Ci) надвигающиеся (выше 45 градусов)
7		Cs, покрывающие все небо
8		Cs не распространяющиеся по небу
9		Cc

Примечания:

St или Fs – stratus или fractostratus (слоистые или разорвано слоистые);

Ci – cirrus (перистые);

Cs – cirrostratus (перисто-слоистые);

Cc – cirrocumulus (перисто-кучевые);

Ac – altocumulus (высококучевые);

As – altostratus (высокослоистые);

Sc – stratocumulus (слоисто-кучевые);

Ns – nimbostratus (слоисто-дождевые);

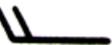
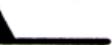
Cu или Fc – cumulus или fractocumulus (кучевые или кучевые разорванные);

Cb – cumulonimbus (кучево-дождевые).

Условные знаки параметров облачности
на синоптических картах

Цифра кода	Примерная высота, м	Обозначение на карте	Количество облаков, баллы
0	0–49		Облаков нет
1	50–99		1 и менее
2	100–199		2–3
3	200–299		4
4	300–599		5
5	600–999		6
6	1000–1499		7–8
7	1500–1999		9
8	2000–2499		10
9	2500 и более или облаков нет		Неба не видно

Условные знаки, обозначающие направление и скорость ветра
(в узлах) на синоптических картах

Обозначение на карте	Скорость ветра, узлы
	Штиль
	1–2
	3–7
	8–12
	13–17
	18–22
	23–27
	28–32
	33–37
	38–42
	43–47
	48–52
	53–57
	58–62
	63–67
	68–72
	73–77
	103–107

Условные знаки, обозначающие барометрическую тенденцию
на синоптических картах

Цифра кода	Обозначение на карте	Барометрическая тенденция
0		Рост, затем падение. Давление такое же или выше чем 3 часа назад
1		Рост, затем ровный ход или рост, а затем более медленный рост. Давление в момент наблюдения выше чем 3 часа назад
2		Рост. Давление в момент наблюдения выше чем 3 часа назад
3		Падение или ровный ход, затем рост. Давление в момент наблюдения выше чем 3 часа назад
4		Ровный ход, давление такое же, как 3 часа назад
5		Падение, затем рост, давление такое же или ниже чем 3 часа назад
6		Падение или ровный ход и падение, а затем медленное падение. Давление в момент наблюдения ниже чем 3 часа назад
7		Падение. Давление в момент наблюдения ниже чем 3 часа назад
8		Ровный ход или рост, затем падение. Давление в момент наблюдения ниже чем 3 часа назад

Соотношение изобарических поверхностей и абсолютной высоты, исходя из стандартного (нормального) распределения температуры воздуха по высоте*

Показатель	Значения													
Изобарическая поверхность, гПа	1000	900	850	800	700	500	300	200	100	50	20	10	5	1
Абсолютная высота, км	0,11	0,98	1,45	1,94	3,02	5,58	9,18	11,8	16,2	20,6	26,5	31,2	36,1	48,6

Примечание:

* Стандартное (нормальное) распределение температуры воздуха по высоте – распределение температуры, исходя из среднего значения вертикальных градиентов температуры для различных слоев атмосферы, выделяемых по температурному режиму.

Электронный архив УГЛТУ

Учебное издание

Андрей Евгеньевич Морозов
Наталья Ивановна Стародубцева

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Практикум

ISBN 978-5-94984-664-3



Редактор К.В. Смирнова
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано к использованию 13.06.2018
Формат 60x84 1/16
Уч.-изд. л. 14,07 Усл. печ. л. 14,54
Тираж 300 экз. (Первый завод 50 экз.)
Заказ №

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: 8 (343) 262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2
Тел.: 8 (343) 362-91-16