

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. А. Нелюбина

КЛИМАТОЛОГИЯ И МЕТЕОРОЛОГИЯ

Утверждено редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «КГТУ»
в качестве учебно-методического пособия по лабораторным работам
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2021

УДК 551.5(075.8)

Рецензент

д-р технических наук, профессор кафедры водных ресурсов и водопользования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» В. А. Наумов

Нелюбина, Е. А.

Климатология и метеорология: учеб.-методич. пособие по лаб. работам / **Е. А. Нелюбина.** – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 52 с.

В учебно-методическом пособии содержатся задания к лабораторным работам, методические указания и справочные сведения, необходимые для выполнения по всем разделам в объеме, предусмотренном курсом дисциплины.

Рис. 26, табл. 6, список лит. – 5 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой водных ресурсов и водопользования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 01 октября 2021 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию методической комиссией строительного факультета ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 25 октября 2021 г., протокол № 2

©Федеральное государственное
образовательное бюджетное
учреждение высшего
образования «Калининградский
государственный
технический университет», 2021 г.
©Нелюбина Е.А., 2021 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1. Устройство метеорологической станции.....	5
Лабораторная работа №2. Измерение температуры воздуха, почвы и воды	10
Лабораторная работа №3. Измерение атмосферного давления.....	20
Лабораторная работа №4. Измерение скорости и направления ветра.....	27
Лабораторная работа №5. Измерение влажности воздуха.....	33
Лабораторная работа №6. Измерение атмосферных осадков.....	40
Лабораторная работа №7. Визуальные наблюдения за облачностью.....	45
Список используемой литературы	48
Приложения	49
Приложение А	49
Приложение Б	49
Приложение В.....	50
Приложение Г	50
Приложение Д.....	50
Приложение Е.....	51
Приложение Ж.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Климатология и метеорология», входящая в общепрофессиональный модуль обязательной части образовательной программы, формирует у обучающихся готовность к получению, обработке и использованию метеорологической информации при решении профессиональных задач.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать: теоретические основы климатологии и метеорологии, методы и средства получения и обработки метеорологической информации; параметры состояния атмосферы и протекающие в ней физические процессы; факторы, определяющие погоду, и формирование глобального и локальных климатов;

- уметь: получать и обрабатывать первичную метеорологическую информацию; выполнять расчеты по определению климатических характеристик, необходимых для обоснования принимаемых решений при проектировании объектов природообустройства и водопользования;

- владеть: методами и средствами измерения метеорологических характеристик; навыками проведения лабораторных исследований и анализа полученных результатов.

В настоящем учебно-методическом пособии содержатся задания к лабораторным работам, методические указания и справочные сведения, необходимые для их выполнения по всем разделам в объеме, предусмотренном курсом дисциплины.

УСТРОЙСТВО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Цель работы: научиться определять расположение метеорологических приборов на метеорологической площадке.

Задание по лабораторной работе

1. На схеме метеорологической площадки показать расположение приборов для измерения метеорологических величин.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

Состояние атмосферы и протекающие в ней процессы оказывают большое влияние на все области хозяйственной деятельности и повседневную жизнь человека. Поэтому важное значение имеют систематические наблюдения и изучение состояния атмосферы и протекающих в ней процессов, а также прогнозирование опасных явлений. Эти задачи выполняет метеорологическая служба.

Система получения данных состоит из двух подсистем: наземной и космической. В наземную подсистему входит, в первую очередь, сеть наземных метеорологических станций и постов; аэрологических радиолокационных, ионосферных, геомагнитных, гелиофизических станций, которые образуют Государственную сеть.

Метеорологические станции и посты подразделяются на основные и специальные. Основные (опорные) служат для систематического получения с необходимой полнотой и точностью информации о состоянии природной среды. В числе основных находятся реперные и вековые станции и посты, предназначенные для изучения вековых изменений климата.

Существуют также специальные станции, предназначенные для изучения местных особенностей метеорологического режима территории.

Основные станции размещаются по территории так, чтобы обеспечивалась необходимая точность интерполяции значений метеорологических величин между станциями. Этому условию соответствует для равнинной местности расстояние между станциями 60-70 км, для необжитых районов – 100-150 км. Такая густота сети позволяет обнаруживать и распознавать синоптические объекты (циклоны,

антициклоны, фронты и т.п.), определять их характерные особенности и скорости перемещения.

На всех основных станциях наблюдения ведутся за: атмосферным давлением, скоростью и направлением ветра, температурой и влажностью воздуха, температурой поверхности почвы, количеством атмосферных осадков, облачностью, атмосферными явлениями. На некоторых станциях дополнительно наблюдают за температурой почвы на разных глубинах, продолжительностью солнечного сияния и другими характеристиками.

На всех основных станциях наблюдения проводятся в единые синхронные сроки, через 3 часа, начиная с 0 ч по среднему гринвичскому времени.

Аэрологические станции размещаются на расстоянии 250-300 км между, ними с учетом того, что горизонтальные градиенты метеорологических величин в верхней тропосфере и стратосфере сравнительно небольшие.

На сети аэрологических станций производится регулярное зондирование атмосферы до высоты 30-40 км для определения давления, температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра.

На сети наземных радиолокационных станций производятся наблюдения за развитием и движением облаков, грозами, образованием града, количеством выпавших осадков в радиусе до 150 км.

На ионосферных, геомагнитных, гелиофизических станциях производятся наблюдения за состоянием ионосферы, магнитного поля Земли, активностью Солнца.

Устройство метеорологической станции

Каждая метеорологическая станция имеет метеорологическую площадку для размещения приборов и служебное помещение, расположенное не далее 300 м от площадки (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Метеорологическая площадка

Площадка прямоугольной формы, размером 26x26 м, с ориентацией сторон север-юг, восток-запад. Площадка, на которой проводятся также и актинометрические наблюдения, имеет размеры 26x36 м с ориентацией длинной стороны с севера на юг. Место для площадки по физико-географическим характеристикам должно быть типичным для окружающей местности радиусом 20-30 км. Расстояние от площадки до невысоких строений, групп деревьев должно быть не менее 10-кратной их высоты, а от сплошного леса и городской застройки – не менее 20-кратной. Площадка должна находиться от оврагов на расстоянии десятков метров, а от уреза воды – не менее 100 м. К приборам на метеоплощадке разрешается ходить только по дорожкам. Для определения высотного положения приборов в районе площадки должен иметься репер.

Приборы устанавливаются на площадке строго по схеме согласно «Наставлению...» в определенном порядке и ориентации по странам света и на определенной высоте над поверхностью земли (рис. 1.2). Ограда площадки и все вспомогательное оборудование окрашивают в белый цвет для предотвращения их чрезмерного нагревания солнечными лучами.

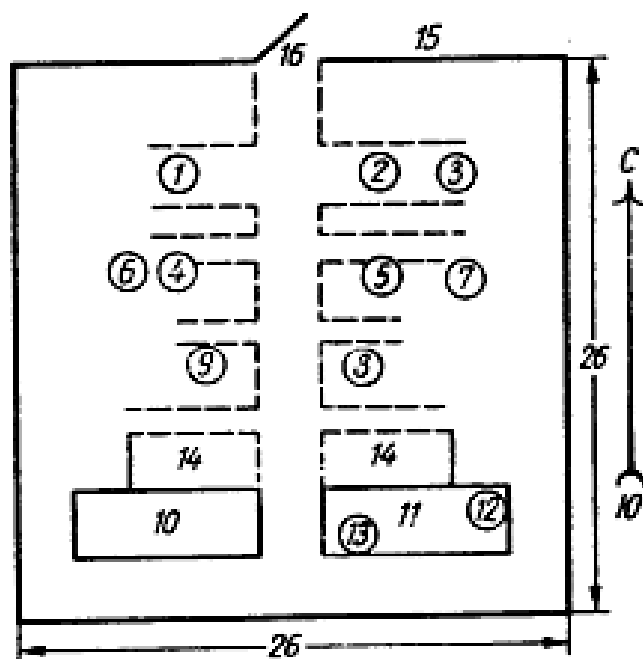


Рис. 1.2. Расположение приборов на метеоплощадке

1 – флюгер с легкой доской; 2 – флюгер с тяжелой доской; 3 – гололедный станок; 4 – психрометрическая будка; 5 – будка для самописцев; 6 и 7 – дополнительные будки; 8 – осадкомер; 9 – пьювиограф; 10 – оголенный участок для напочвенных и коленчатых термометров; 11 – участок для вытяжных термометров; 12 – мерзлотомер; 13 – снегомерная рейка; 14 – место для актинометрических наблюдений; 15 – ограда; 16 – калитка

Основные требования к наземным метеорологическим наблюдениям

Одним из важнейших требований, которым должны удовлетворять результаты наблюдений, является репрезентативность (представительность). Репрезентативность наблюдений достигается выбором местоположения станции, соответствующего физико-географическим условиям окружающей местности в большом районе.

Ряд наблюдений должен быть однородным. Однородность ряда достигается применением приборов одинаковой конструкции и точности, выполнением работ за длительный промежуток времени наблюдателями одинаковой квалификации. При этом обстановка, окружающая станцию, не менялась настолько существенно, чтобы это могло заметно повлиять на результаты наблюдений.

Сравнимость наблюдений обеспечивается репрезентативным положением станции, единством методов и средств наблюдений.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством метеорологической площадки.
2. В тетради начертить план метеорологической площадки и указать размещенные на ней метеорологические приборы.
3. Ответить письменно на вопросы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие приборы называются метеорологическими?
2. Какие требования предъявляются к метеорологическим наблюдениям?
3. Каким образом устраняются побочные влияния на показания метеорологических приборов?
4. Какие требования предъявляются к местоположению метеоплощадки?
5. Какие размеры должна иметь метеоплощадка?

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, ПОЧВЫ И ВОДЫ

Цель работы: научиться определять среднемесячные температуры почвы на разных глубинах с помощью изоплет; получить навыки работы с приборами для измерения температуры воздуха.

Задание по лабораторной работе

1. С помощью ртутного и спиртового термометров измерить температуру воздуха на улице и в помещении лаборатории.
2. Построить график хода среднемесячных температур почвы.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

На метеорологических станциях измеряют температуру почвы, воздуха, снега, воды. Для получения сопоставимых численных значений температуры используются температурные шкалы, построение которых основано на опорных точках. Один градус температурной шкалы Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) составляет $1/100$ интервала между точками таяния льда и кипения воды, которым присвоены значения 0°C и 100°C .

Термометры характеризуются коэффициентом термической инерции и чувствительностью. Коэффициент термической инерции – это скорость, с которой показания термометра приближаются к температуре среды. Чувствительность – величина одного градуса на шкале в миллиметрах.

Цена деления – количество градусов, приходящееся на наименьшее деление шкалы термометра.

Жидкостные термометры. Наиболее распространенный тип термометров, применяемых в метеорологии.

Конструкция. Термометр состоит из резервуара с термической жидкостью, соединенного с запаянным на конце капилляром. Измерительная шкала нанесена на пластину, соединенную с капилляром. Шкала и капилляр помещены в защитную стеклянную оболочку.

Принцип действия. При изменении температуры среды изменяется объем жидкости, что сказывается на высоте столбика жидкости в капилляре.

В метеорологических термометрах в качестве термической жидкости применяют ртуть, спирт, толуол. Ртуть как термическая жидкость имеет достоинства: малую теплоемкость, большую теплопроводность, отсутствие смачивания стекла, высокую температуру кипения ($+356^{\circ}\text{C}$). Недостатком ртути является высокая температура замерзания ($-38,9^{\circ}\text{C}$). Спирт и толуол имеют более низкие температуры кипения (спирт $+78,5^{\circ}\text{C}$, толуол $+110,5^{\circ}\text{C}$), при более высокой температуре эти жидкости частично испаряются. Кроме того, спирт и толуол смачивают стекло, что сказывается на точности измерений.

Проведение измерений. Для измерения температуры выше -35°C применяют ртутные термометры, а ниже этой температуры – спиртовые или толуоловые.

При измерении температуры метеорологическими термометрами отсчеты производят с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$ независимо от цены деления шкалы. При этом термометр держат так, чтобы визирная линия была перпендикулярна капилляру и проходила через верхнюю точку мениска для ртути и нижнюю для спирта. Отсчеты делают быстро, сначала отсчитывают десятые доли градуса, а затем целые градусы.

При измерении температуры среды термометр должен принять температуру этой среды. На это уходит некоторое время.

Деформационные термометры. В метеорологии в основном применяют биметаллические деформационные термометры.

Конструкция и принцип действия. Чувствительным элементом деформационных термометров является пластинка из двух металлов с различными коэффициентами теплового расширения. Один ее конец закреплен неподвижно, другой перемещается пропорционально изменению температуры. Поэтому биметаллические термометры имеют равномерную шкалу.

Измерение температуры воздуха

Термометр психрометрический ртутный метеорологический ТМ-4 (рис. 2.1).

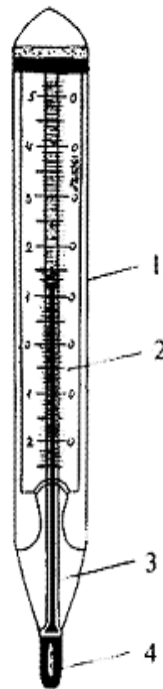


Рис. 2.1. Термометр психрометрический

1 – стеклянная оправа; 2 – шкала; 3 – капилляр; 4 – резервуар с ртутью

Численные отметки шкалы нанесены через 10°C , цена деления шкалы равна $0,5^{\circ}\text{C}$. Пределы измерений: от -25 до $+50^{\circ}\text{C}$. Погрешность измерения: при температуре от 0 до $+50^{\circ}\text{C}$ составляет не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, при температуре от 0 до -35°C не более $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Коэффициент инерции в малоподвижном воздухе составляет около 300 с.

Термометр спиртовой метеорологический минимальный ТМ-9 (рис. 2.2).

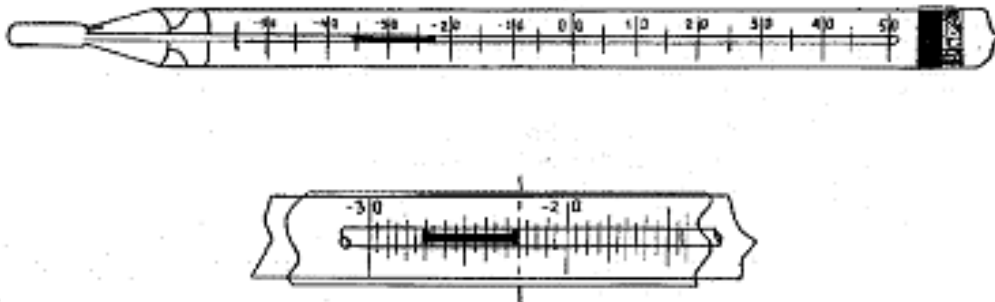


Рис. 2.2. Термометр минимальный

Предназначен для определения минимального значения температуры за период между сроками наблюдений. Для этого внутри спирта в капилляре находится штифт из темного стекла, имеющий утолщения на концах. Штифт может свободно перемещаться в спирте. При понижении температуры поверхностная пленка спирта будет увлекать штифт в сторону резервуара, так как сила трения головок штифта о стенки капилляра меньше силы поверхностного натяжения пленки. При повышении температуры спирт будет обтекать штифт, сила трения головок о стенки капилляра удержит его на месте.

Применяется дополнительно к ртутному термометру для измерения температуры воздуха ниже -35°C . Пределы измерений от -65 до $+25^{\circ}\text{C}$ или от -75 до $+25^{\circ}\text{C}$. Цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$. Погрешность измерения при температуре от $+20$ до -20°C не более $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; при температуре -70°C не более $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$. Как только температура воздуха понизится до -20°C , наблюдения по спиртовому термометру проводят параллельно с ртутным.

Проведение измерений. При подготовке минимального термометра к измерениям его наклоняют резервуаром кверху и ждут, пока штифт дойдет до мениска спирта в капилляре. Затем термометр кладут горизонтально.

Термометр ртутный метеорологический максимальный ТМ-1 (рис. 2.3).

Предназначен для определения максимального значения температуры за период между сроками наблюдений. Показания максимальных значений температуры сохраняются благодаря стеклянной игле, прикрепленной к стенке резервуара. При повышении температуры ртуть вытесняется из резервуара в капилляр через узкое кольцевое отверстие между иглой и стенками капилляра. При понижении температуры ртуть остается на месте, так как молекулярных сил сцепления ртути недостаточно для преодоления сопротивления в месте сужения.

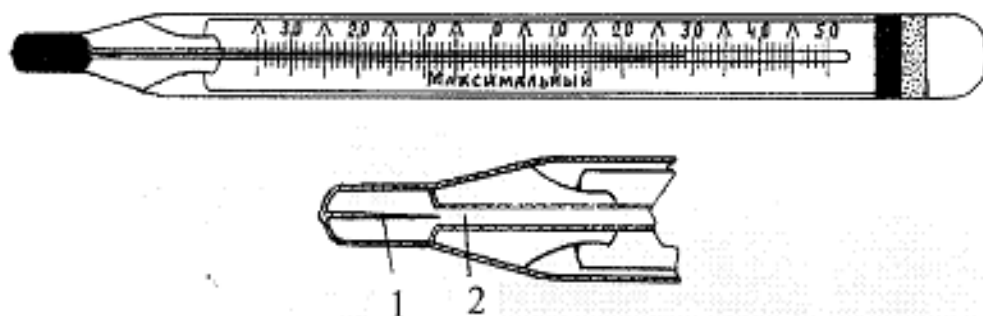


Рис. 2.3. Термометр ртутный максимальный ТМ-1
1 – игла; 2 – капилляр

Проведение измерений. Для подготовки термометра к измерению его встряхивают так, чтобы перегнать часть ртути из капилляра в резервуар. Показания термометра не должны отличаться от показаний психрометрического термометра более чем на $0,2^{\circ}\text{C}$. Затем термометр укладывают на место с небольшим наклоном в сторону резервуара.

Приборы для измерения температуры воздуха устанавливаются в психрометрической будке (рис. 2.4). Будка предназначена для исключения прямой солнечной радиации на показания термометров, а также для защиты приборов от механических повреждений и атмосферных осадков. Высота установки резервуаров психрометрических термометров равна 200 см от поверхности земли.



Рис. 2.4. Будка психрометрическая

Термограф метеорологический М-16 (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Термограф

Термограф предназначен для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха в пределах от -45 до $+55^{\circ}\text{C}$. Погрешность измерения составляет $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Конструкция. Чувствительный элемент – биметаллическая пластинка. Температурные деформации пластинки через систему рычагов передаются на стрелку, на конце которой имеется перо, заполненное чернилами. Вершиной перо обращено к диаграммной ленте. Диаграммная лента закреплена на вращающемся барабане с часовым механизмом. Часовые механизмы бывают суточные и недельные.

Измерение температуры почвы и грунта

Измерение температуры в верхнем слое почвы. Для измерения температуры в верхнем слое почв применяются термометры ртутные метеорологические коленчатые (Савинова) ТМ-5 (рис. 2.6). Пределы измерения от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$, цена деления шкалы $0,5^{\circ}\text{C}$, погрешность измерения $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Конструкция. Термометры изогнуты под углом 135° в местах, отстоящих от резервуара на 2-3 см. Это позволяет устанавливать термометры так, чтобы резервуар и часть термометра до изгиба находились в горизонтальном положении под слоем

почвы, а часть термометра со шкалой располагалась над почвой. Капилляр на участке до начала шкалы покрыт теплоизоляционной оболочкой.

Проведение измерений. Термометры устанавливаются на глубинах: 5, 10, 15, 20 см. Наблюдения ведутся только в теплую часть года. При понижении температуры на глубине 5 см ниже 0°C термометры выкапывают, весной устанавливают после схода снежного покрова.

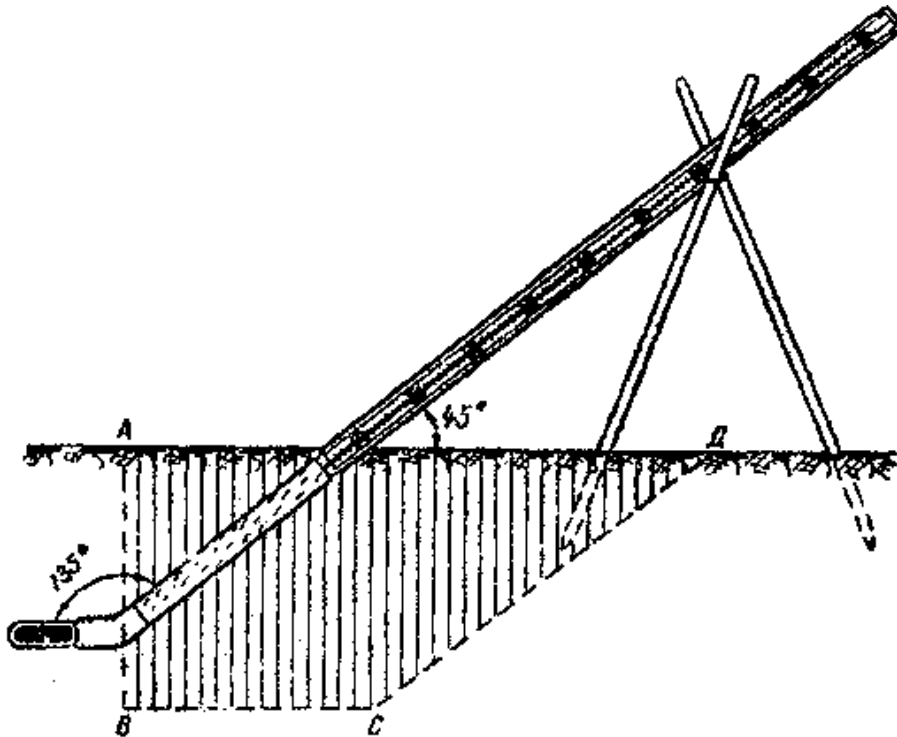


Рис. 2.6. Схема установки коленчатого термометра

Термометры для измерения температуры поверхности почвы и коленчатые термометры устанавливаются на незатененной оголенной площадке размером 4 x 6 м. Напочвенные термометры устанавливаются резервуарами к востоку.

Чтобы не затаптывать площадку для установки термометров и проведения измерений используется специальный реечный настил.

Измерение температуры почвы и грунта на глубинах. Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяется термометр ртутный метеорологический почвенный вытяжной ТМ-10 (рис. 2.7).

Конструкция. Термометр длиной 360 мм помещается в оправу, которая внизу заканчивается медным или латунным колпачком, который вокруг резервуара заполнен металлическими опилками для увеличения инерции термометра. К верхнему концу оправы крепится деревянный стержень с кольцом. Термометр погружается в

эбонитовую трубу, находящуюся в почве на глубине измерения температуры. Нижний конец трубы заканчивается медным колпачком. Пределы измерения температуры от +41 до -20°C. Цена деления шкалы 0,2°C, погрешность измерения при положительных температурах 0,2°C, при отрицательных $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

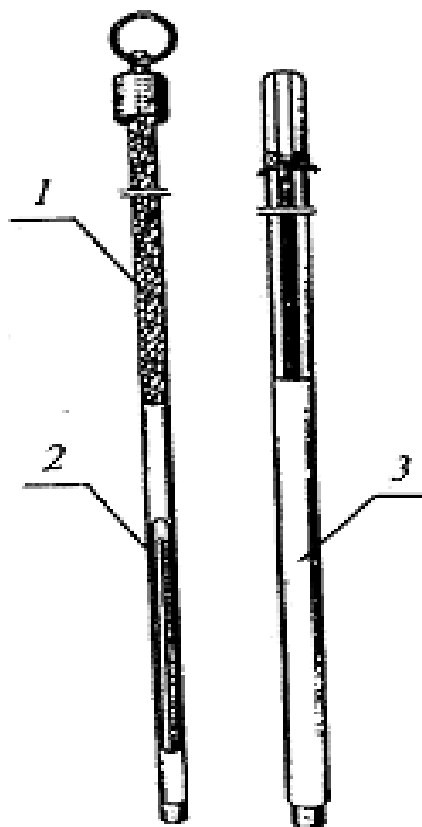


Рис. 2.7. Термометр почвенный вытяжной

1 – штанга; 2 – термометр; 3 – эбонитовая трубка

Проведение измерений. Измерения производятся на участке с естественным растительным покровом. Термометры устанавливаются по линии «восток-запад» на расстоянии 50 см друг от друга на глубинах: 0,20; 0,40; 0,80; 1,20; 1,60; 2,40; 3,20 м в порядке возрастания глубин. Наблюдения производят круглый год, ежедневно на глубинах 0,20 и 0,40 м – все восемь сроков, на остальных глубинах – один раз в сутки.

Все наблюдения за температурой почвы выполняются с помоста, который устанавливается с северной стороны на расстоянии 30 см от линии термометров.

Измерение температуры воды у поверхности. Для измерения температуры воды у поверхности используется ртутный термометр. Пределы измерения от -5 до +35°C, цена деления шкалы 0,2°C (рис. 2.8).

Конструкция. Термометр помещен в оправу, позволяющую сохранять показания после поднятия термометра из воды. Против шкалы в оправе имеется прорезь.

Проведение измерений. При погружении термометра поворотом наружного чехла прорезь закрывают, а после подъема – открывают. Время выдержки термометра в точке 5-8 мин, заглубление под уровень воды – не более 0,5 м.

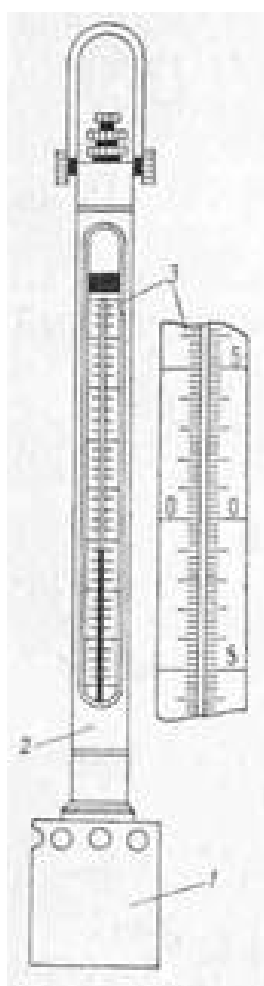


Рис. 2.8. Термометр для измерения температуры воды

1 – стакан; 2 – оправка; 3 – термометр

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством термометров для измерения температуры воздуха.
2. Определить цену деления и пределы измерения.

3. Выполнить измерения.
4. Определить промежуток времени, в течение которого термометр принимает показания окружающей среды.
5. Сравнить показания термометров. Результаты занести в таблицу.

Таблица – Измерение температуры воздуха

Дата и время	Место	Показания термометра, °С		Инерция термометра, мин.	Разность показаний, °С
		ртутного	спиртового		

6. Для построения графика хода среднемесячных температур почвы на горизонтальной оси отложить месяцы, начиная с января. На вертикальной оси - температуру почвы в °С. Значения среднемесячных температур на заданной глубине в середине каждого месяца снять с графика изоплет.
- Исходные данные: Приложение А.

Вопросы для самопроверки

1. Какие приборы служат для измерения температуры воздуха?
2. Какие типы термометров используются для измерения температуры поверхности почвы?
3. Принцип работы максимального термометра.
4. Принцип работы минимального термометра.
5. Какие типы термометров используются для измерения температуры почвы на разных глубинах?
6. Почему при измерении температуры воздуха термометр помещают в метеорологическую будку, а при измерении температуры на поверхности почвы – на открытую оголенную почву?

ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель работы: получить навыки измерения атмосферного давления с помощью барометра-анероида; научиться приводить показания приборов к значениям давления на уровне моря.

Задание по лабораторной работе

1. Измерить атмосферное давление в помещении лаборатории с помощью барометра-анероида.
2. Привести показания к уровню моря.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

Атмосферное давление в точке равно весу расположенного выше столба воздуха с основанием, равным единице (рис. 3.1). Величина давления не зависит от ориентации поверхности, на которую оно действует.

В метеорологии атмосферное давление выражается в гПа и в мм ртутного столба.

В метеорологии для измерения давления применяются ртутные и деформационные приборы.

Принцип действия ртутного барометра основан на уравнивании атмосферного давления весом столба ртути. Если стеклянную трубку, запаянную с одного конца и наполненную ртутью, погрузить открытым концом в ртуть, налитую в чашку, то часть ртути из трубки выльется в чашку. Оставшийся в трубке столб высотой h своим весом уравновесит атмосферное давление P_a , оказываемое на поверхность ртути в чашке:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot h,$$

где ρ – плотность ртути; g – ускорение силы тяжести.

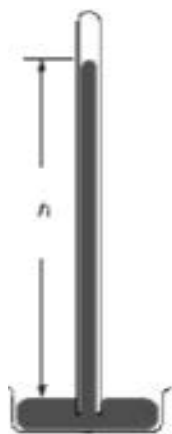


Рис. 3.1. Принцип действия ртутного чашечного барометра

Принцип действия деформационных барометров. Чувствительным элементом таких барометров служит анероидная коробка (барокоробка), преобразующая изменения атмосферного давления в линейные перемещения. По сравнению с ртутными деформационные приборы имеют меньшие размеры, удобны при транспортировке. Но они уступают в точности и не применяются на метеорологических станциях в качестве основных для измерения атмосферного давления.

Измерение атмосферного давления

Барометры стационарные чашечные ртутные СР-Б. Пределы измерений – от 680 до 1070 гПа. Максимальная погрешность измерения после введения всех поправок не более $\pm 0,5$ гПа.

Конструкция. Барометры имеют калиброванную стеклянную трубку диаметром 7,2 мм, длиной 800 мм, запаянную с верхнего конца и заполненную под вакуумом очищенной ртутью. Нижний конец трубки подсоединен к чашке с ртутью. С атмосферным воздухом барометр сообщается через отверстие в крышке чашки. Средняя часть чашки имеет диафрагму с отверстиями для гашения колебаний ртути, что исключает попадание воздуха в барометрическую трубку. Трубка защищена металлической оправой, на которую нанесена шкала. На оправе укреплен термометр для определения температуры ртути (рис. 3.2).

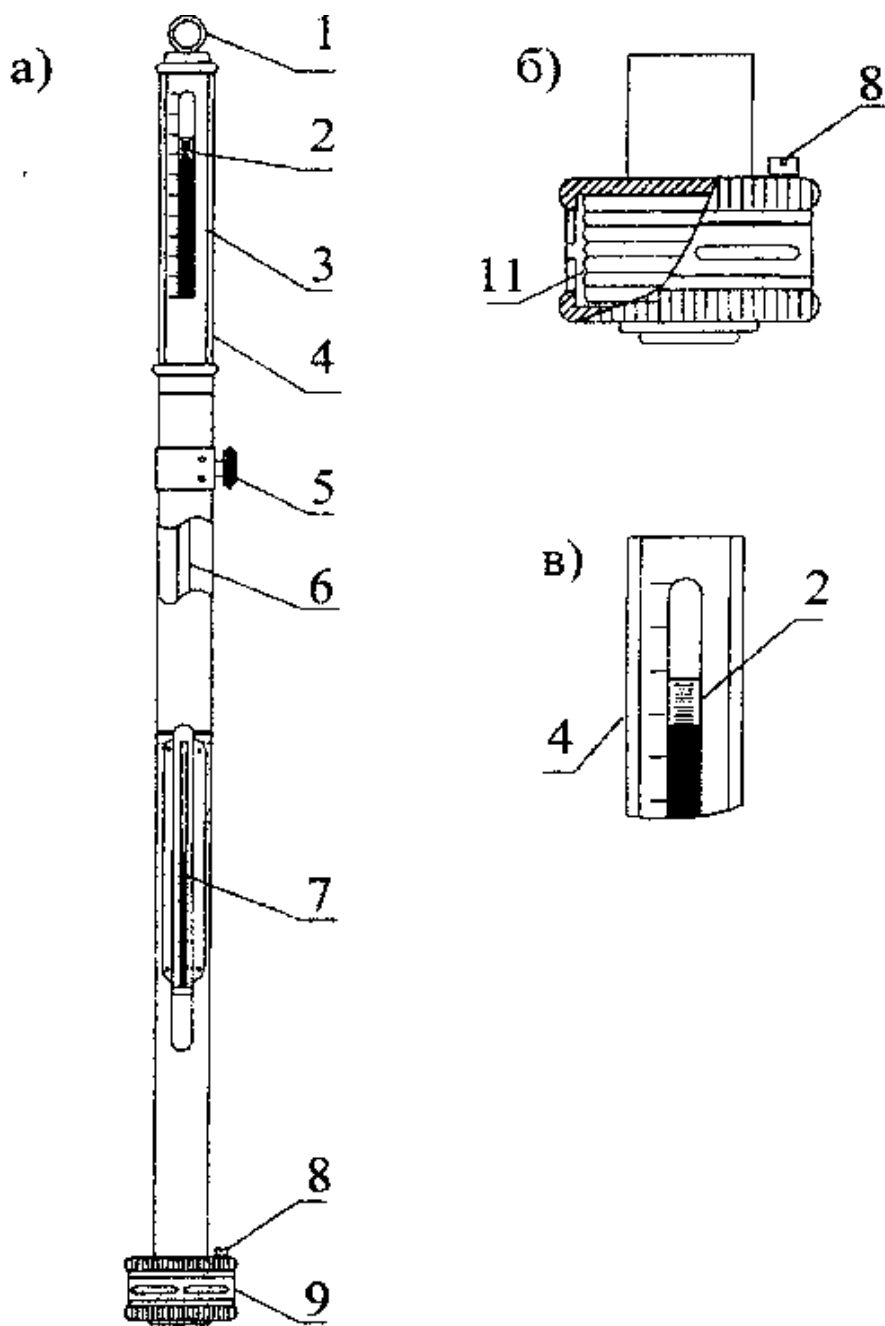


Рис. 3.2. Барометр ртутный чашечный

а – общий вид; б – чашка барометра; в – шкала и нониус
 1 – кольцо для подвески; 2 – нониус; 3 – защитное стекло; 4 – металлическая
 оправа; 5 – кремальера; 6 – барометрическая трубка; 7 – термометр;
 8 – винт-заглушка; 9 – чашка; 10 – втулка; 11 – диафрагма

Проведение измерений. В помещении метеостанции барометр находится внутри стеклянного шкафчика, помещенного в месте, где нет резких колебаний температуры и прямого попадания солнечных лучей. Барометр должен занимать строго вертикальное положение. Открыв дверцу, отсчитывают температуру по

термометру с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Затем берут отсчет с точностью до $0,1$ деления шкалы по верху мениска ртути.

В отсчеты по шкале барометра вводят поправки:

- 1) на приведение показаний барометра к температуре 0°C , так как удельный вес ртути зависит от температуры;
- 2) инструментальную, указанную в поверочном свидетельстве прибора;
- 3) на приведение веса ртути к нормальному ускорению свободного падения на широте 45° на уровне моря.

Введением поправок получают давление на уровне станции, которые приводят к уровню моря по барометрической формуле или с помощью таблиц.

Барометр-анероид БАММ Прибор деформационного типа (рис. 3.3 и рис. 3.4).

Применяется при температуре от -10 до $+40^{\circ}\text{C}$. Погрешность измерения ± 2 гПа.

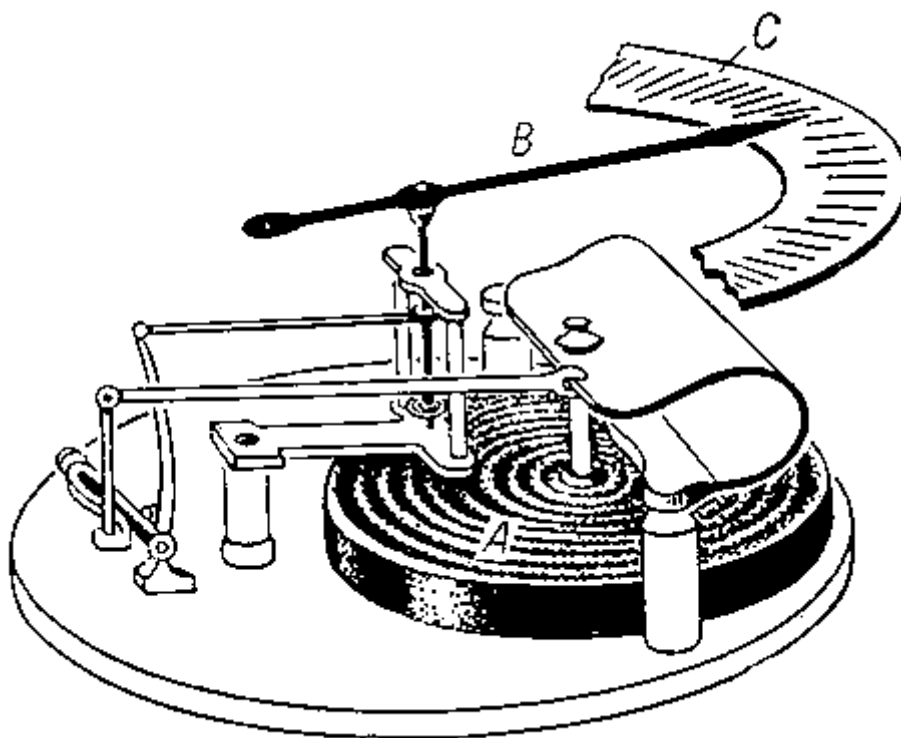


Рис. 3.3. Конструктивная схема барометра-анероида
А – мембраны; В – стрелка; С – шкала; Д – пружина

Конструкция. Анероидная коробка состоит из двух спаянных или сваренных по периметру круглых мембран. Из отдельных коробок, скрепленных между собой, могут собираться блоки. Чувствительность блока равна суммарной чувствительности

составляющих его коробок. Упругая деформация коробки может обеспечиваться за счет материала самой коробки или с помощью дополнительной пружины, находящейся внутри коробки и распирающей ее, или наружной пружины, растягивающей коробку. Внутри коробки создается вакуум. Деформация коробки при изменении атмосферного давления вызывает перемещение стрелки относительно шкалы.

В дуговой прорези шкалы находится термометр (рис. 3.4).

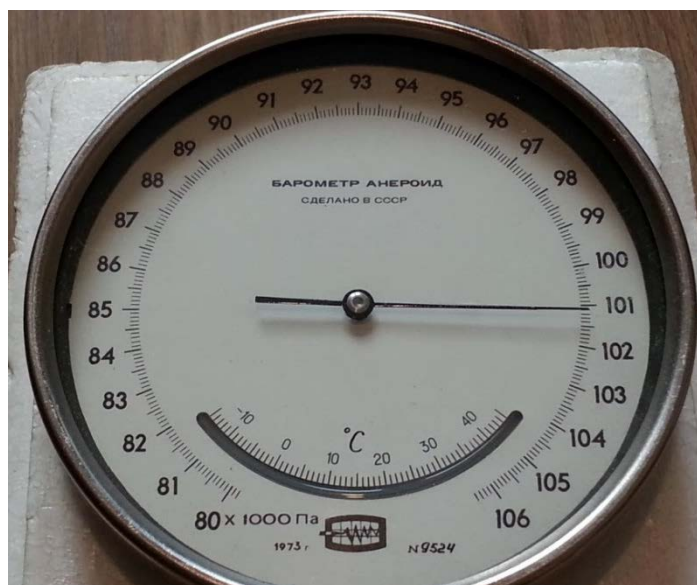


Рис. 3.4. Барометр-анероид

Проведение измерений. При измерении атмосферного давления сначала снимают показания термометра с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Затем берут отсчет по стрелке с точностью до $0,1$ деления шкалы. При измерении прибор должен занимать устойчивое и горизонтальное положение

В отсчеты по шкале барометра-анероида вводят поправки: температурную, шкаловую. Для учета влияния температуры показания барометра-анероида принято приводить к температуре, равной 0°C . Для этого применяется температурный коэффициент, равный изменению показаний барометра при изменении температуры на 1°C . Шкаловые поправки учитывают индивидуальные особенности прибора и даются в поверочном свидетельстве для всей шкалы через каждые десять делений.

Барограф метеорологический М-22 предназначен для непрерывной регистрации атмосферного давления. Чувствительным элементом является блок из

анероидных коробок. Для исключения влияния температуры в конструкции прибора имеется температурный компенсатор. Поэтому при изменении температуры при неизменном давлении стрелка с пером по ленте барабана перемещаться не будет (рис. 3.5). Механизм вращения барабана такой же, как у термографа.



Рис. 3.5. Барограф

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством барометра-анероида.
2. Сделать отсчет температуры по термометру-атташе.
3. Постучать слегка по стеклу и сделать отсчет по барометру.
4. Ввести поправку на температуру и широту места.
5. Результаты занести в таблицу.
6. Показания давления к уровню моря привести с помощью формулы

барометрического нивелирования:
$$z_2 - z_1 = 16000 \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}.$$

Таблица – Измерение атмосферного давления

Дата и время	Место	Показания барометра, Па*1000	Показания термометра, °С	Поправка на температуру	Поправка на широту места	Давление, гПа

Поправка на температуру Приложение Б, поправка на широту места Приложение В.

Вопросы для самопроверки

1. Как устроен чашечный ртутный барометр?
2. Из каких основных частей состоит барометр-анероид?
3. Для чего в состав барометра-анероида входит термометр?
4. Как устроен прибор для непрерывной регистрации атмосферного давления?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

Цель работы: получить навыки измерения скорости ветра с помощью ручного механического анемометра; научиться строить «розу ветров».

Задание по лабораторной работе

1. Измерить скорость ветра с помощью ручного механического анемометра.
2. Построить «розу ветров».

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

Ветром называется горизонтальное перемещение воздуха относительно земной поверхности. Ветер характеризуется скоростью и направлением. За направление ветра принимается то направление, откуда ветер дует.

Вследствие турбулентности скорость и направление ветра непрерывно меняются. На метеорологических станциях измеряют среднюю скорость за 10 мин, максимальную за этот же интервал времени (скорость при порывах) и направление ветра, осредненное за 2 мин.

На метеостанциях характеристики ветра измеряются на высоте 10-12 м. Приборы для измерения скорости ветра называются *анемометрами*; приборы для измерения скорости и направления ветра называются *анеморумбометрами*.

Принцип действия. В зависимости от угловой скорости вращения приемного механизма определяют скорость ветра.

Измерение направления и скорости ветра

Анеморумбометр М-63М. Прибор предназначен для измерения средней за 10 мин, мгновенной, максимальной скорости и определения осредненного направления ветра (рис. 4.1). Пределы измерения скорости ветра от 1,5 до 60 м/с, начальная чувствительность по скорости 6 м/с, по направлению 1°. Прибор относится к дистанционным и на сети метеорологических станций является основным для измерения характеристик ветра. Дистанционность прибора составляет 5 км.

Конструкция. Установка состоит из блока датчиков направления и скорости ветра, измерительного пульта и блока питания. Направление ветра определяется по флюгеру, представляющему собой сигарообразный корпус со стабилизатором в

хвостовой части. Датчиком скорости ветра является четырехлопастной воздушный винт. Скорость вращения винта пропорциональна скорости ветра. Под воздействием флюгарки плоскость вращения винта располагается перпендикулярно к направлению воздушного потока.

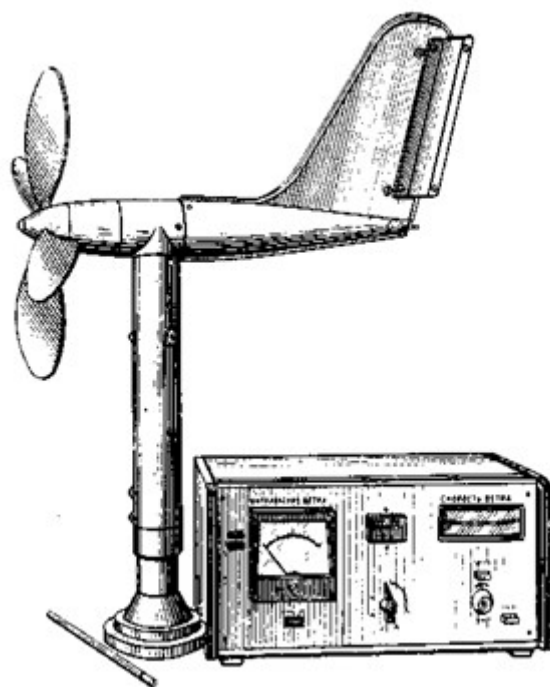


Рис. 4.1. Анеморумбометр

Анеморумбометр свободно вращается на вертикальной неподвижной стойке, укрепленной на мачте высотой 9,5 м, для непрерывной регистрации скорости и направления ветра служит самописец (анеморумбограф).

Анемометр ручной механический МС-13. Предназначен для измерения средней скорости ветра за промежуток времени, измеряемый по секундомеру. Пределы измерения 1-20 м/с; начальная чувствительность 0,8 м/с.

Конструкция. Приемной частью анемометра является вращающаяся на вертикальной оси крестовина с четырьмя полыми полушариями. Под воздействием ветра на полушария крестовина вращается. На нижней части оси имеется червяк, связанный с системой зубчатых колес. На их осях насажены три стрелки, показывающиеся на циферблатах количество оборотов крестовины, до 100, сотни и тысячи (рис. 4.2).

Проведение измерений. Во время измерения скорости ветра прибор держат в руках вертикально выше головы. Включение и выключение счетного механизма производится арретиром. При повороте по часовой стрелке механизм включается.

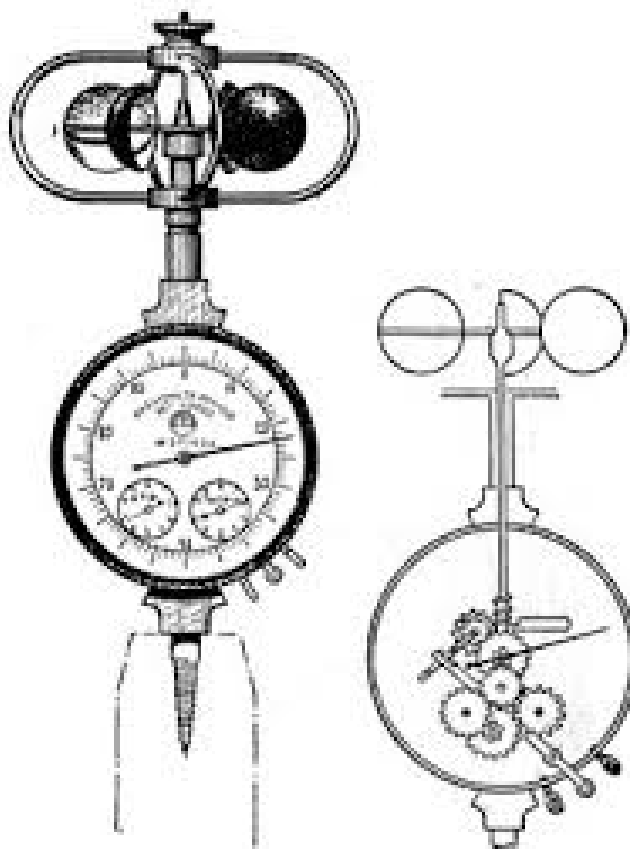


Рис. 4.2. Анемометр ручной

Перед началом измерения записывают показания стрелок на трех циферблатах. После включения анемометру дают несколько секунд на раскрутку. После чего одновременно включают счетный механизм и запускают секундомер. Измерения ведут не менее 100 с. Затем выключают анемометр и останавливают секундомер. По разности конечных и начальных отсчетов определяют количество оборотов. По количеству оборотов в секунду по тарировочному свидетельству определяют скорость ветра в м/с.

Флюгер Вильда. Предложен Вильдом в конце XIX в. Применяется на метеорологических станциях при отсутствии электрического тока. Дает возможность измерять среднюю скорость, максимальные порывы и направление ветра.

Конструкция. На нижней неподвижной трубе флюгера укреплены штыри, указывающие направление ветра. Штырь, обращенный на север, обозначен буквой

«С» или «N». На верхней вращающейся трубе смонтированы флюгарка с противовесом и указатель скорости ветра, состоящий из железной пластины и дуги со штырями. Пластина свободно вращается относительно горизонтальной оси перпендикулярно направлению ветра. Для измерения скоростей до 10 м/с используется легкая пластина весом 200 г. Для скоростей более 10 м/с – тяжелая весом 800 г (рис. 4.3).

Флюгеры с легкой и с тяжелой пластинами устанавливаются на отдельных мачтах на высоте 10-12 м.

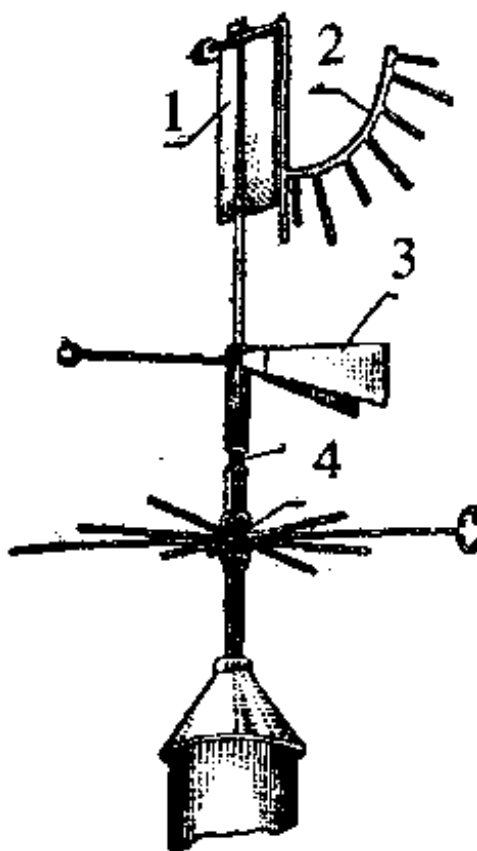


Рис. 4.3. Флюгер Вильда

1 – доска-приемник скорости ветра; 2 – указатель скорости ветра;
3 – флюгарка; 4 – указатель направления ветра

Проведение измерений. При измерении скорости ветра отмечается среднее и наибольшее отклонение пластины за 2 мин, а также за 2 мин отмечается среднее положение флюгарки. Скорость ветра определяется по таблице, в которой для каждого номера штыря дается значение скорости ветра.

Роза ветров. Для того чтобы иметь наглядное представление о ветровых условиях, строят векторную диаграмму, которая называется *розой ветров* (рис. 4.4).

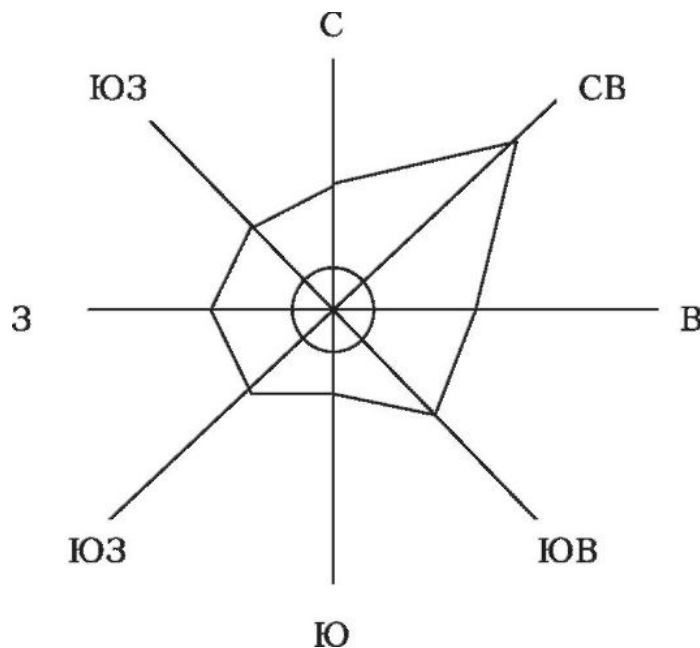


Рис. 4.4. Роза ветров

Обозначение основных направлений ветра: N – северный С, NE – северо-восточный СВ, E – восточный В, SE – юго-восточный ЮВ, S – южный Ю, SW – юго-западный ЮЗ, W – западный З, NW – северо-западный СЗ.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством ручного механического анемометра
2. Снять начальный отсчет по трем циферблатам.
3. Включить счетный механизм и запустить секундомер.
4. Через 2 мин выключить счетный механизм и секундомер и взять конечный отсчет.
5. Рассчитать число оборотов в минуту и по тарифовочному свидетельству, приложенному к прибору, определить скорость ветра в м/с. Результаты занести в таблицу.
6. Для того чтобы построить розу ветров, из общего центра по восьми основным румбам нужно провести линии. Для каждого румба повторяемость ветра выразить в процентах от общего количества наблюдений. На каждой

линии отметить отрезок так, чтобы в выбранном масштабе его длина соответствовала повторяемости ветра данного направления. В центре розы в кружок вписать повторяемость штилей. Соединить концы отрезков прямыми линиями.

Исходные данные: Приложение Г.

Таблица – Измерение скорости ветра

Дата и время	Место	Показания счетчика		Число оборотов	Обороты/мин	Скорость, м/с
		начальные	конечные			

Вопросы для самопроверки

1. Какими показателями характеризуется ветер?
2. Какие приборы служат для определения характеристик ветра?
3. Устройство флюгера Вильда.
4. Принцип действия анемометра ручного.
5. Что можно определить с помощью розы ветров?

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Цель работы: получить навыки измерения влажности воздуха с помощью аспирационного психрометра; научиться определять показатели влажности воздуха по данным показаний психрометра.

Задание по лабораторной работе

1. С помощью аспирационного психрометра определить относительную влажность воздуха в лаборатории.
2. По данным аспирационного психрометра определить упругость водяного пара, дефицит упругости водяного пара, относительную влажность воздуха и точку росы.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

На метеорологических станциях наиболее распространенными методами измерения влажности воздуха являются психрометрический и гигрометрический, а наиболее распространенными приборами – психрометры и гигрометры.

Психрометрический метод основан на измерении влажности воздуха по понижению температуры тела при испарении влаги с его поверхности за счет затраты тепла.

Гигрометрический метод измерения влажности воздуха основан на способности тел поглощать водяной пар из воздуха и в результате этого деформироваться или менять свои свойства.

Измерение влажности воздуха

Стационарный психрометр. Применяется на метеорологических станциях (рис. 5.1).

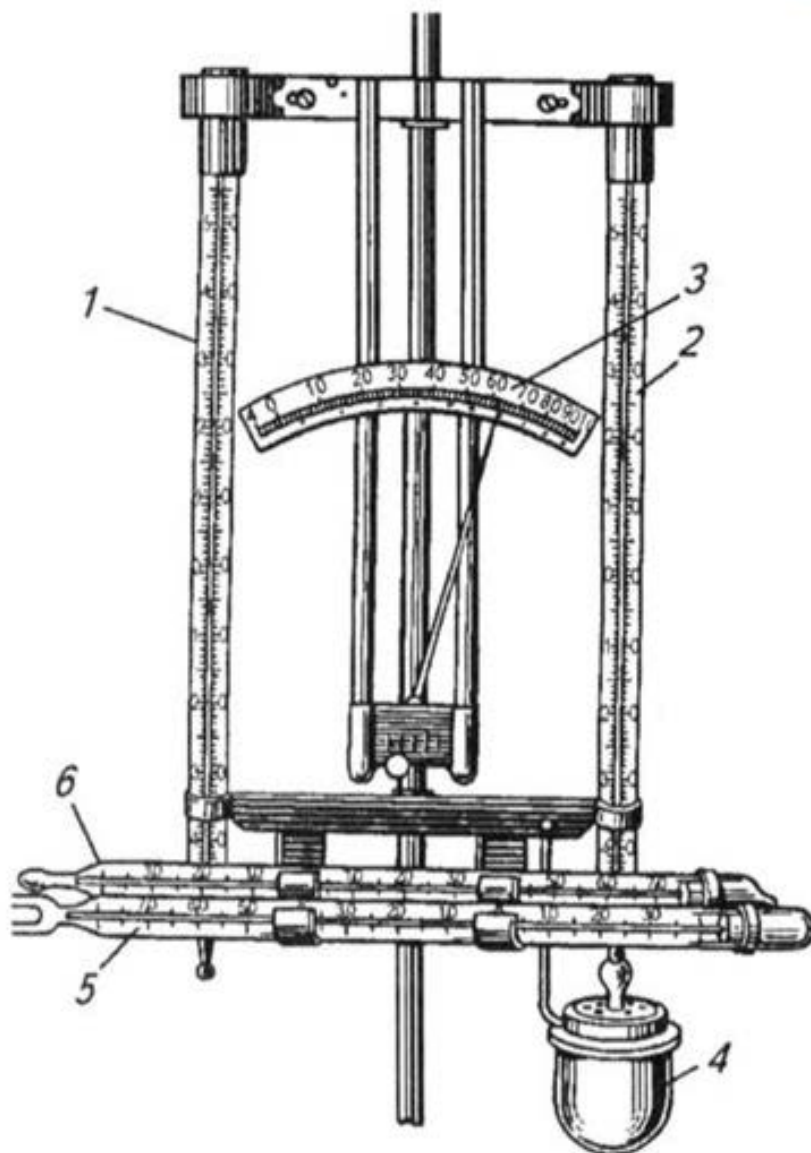


Рис. 5.1. Психрометр стационарный

1 – сухой термометр; 2 – смоченный термометр; 3 – шкала; 4 – стаканчик с дистиллированной водой; 5 – минимальный термометр; 6 – максимальный термометр

Конструкция. Психрометр состоит из двух термометров ТМ-4 (называемых психрометрическими). Пределы шкал термометров от -31 до $+51^{\circ}\text{C}$, цена деления шкал $0,2^{\circ}\text{C}$. Оба термометра закреплены в штативе в вертикальном положении. Резервуар смоченного термометра обертывается батистом, конец которого погружен в стаканчик с дистиллированной водой. Стаканчик закрыт крышкой с прорезью, через которую пропущен батист. Применяют специальный сорт батиста, обладающий необходимыми гигроскопическими свойствами. Стационарный психрометр устанавливается в жалюзийной будке.

Принцип действия. При испарении с поверхности батиста температура смоченного термометра будет ниже температуры сухого, который показывает температуру воздуха.

Парциальное давление водяного пара в воздухе определяется по психрометрической формуле, на основании которой составлены таблицы:

$$e = E - A \cdot p \cdot (t - t') \cdot (1 + 0,00115 \cdot t'), \text{ гПа,}$$

где E – парциальное давление водяного пара, насыщающего пространство, при температуре смоченного термометра; A – психрометрический коэффициент, учитывающий скорость движения воздуха, для стационарного психрометра $A = 7,947 \cdot 10^{-4}$, что соответствует скорости вентиляции 0,8 м/с.; p – атмосферное давление, гПа; t и t' – температура сухого и смоченного термометров, °С; $(1 + 0,00115 \cdot t')$ – учитывает зависимость теплоты испарения от температуры.

Психрометр аспирационный МВ-4М. Предназначен для измерения температуры и влажности воздуха в стационарных и полевых условиях.

Конструкция и принцип действия. Принцип действия такой же, как и стационарного, но в нем имеется аспирационное устройство (вентилятор), которое создает протяжку воздуха у резервуаров термометров с постоянной скоростью 2 м/с. Оба ртутных термометра укреплены в металлической оправе. Верхний конец трубки соединен с вентилятором. Пружина заводного механизма вентилятора заводится ключом (рис. 5.2).

Проведение измерений. Для измерений психрометр устанавливают на высоте 2 м над поверхностью земли. Зимой психрометр устанавливают за 30 мин, летом за 15 мин до начала измерений. Затем смачивают батист (смоченного) термометра с помощью груши с пипеткой. После этого заводят пружинный механизм аспиратора. По истечении 4-5 мин берут отсчеты по сухому и смоченному термометрам, сначала десятые доли, а затем целые градусы. Для исключения влияния ветра при скорости более 4 м/с на аспиратор с наветренной стороны надевают защиту.

Парциальное давление водяного пара определяется по психрометрической формуле с аспирационным коэффициентом $A = 6,620 \cdot 10^{-4}$ или по психрометрическим таблицам. При этом скорость ветра принимается равной 2 м/с.

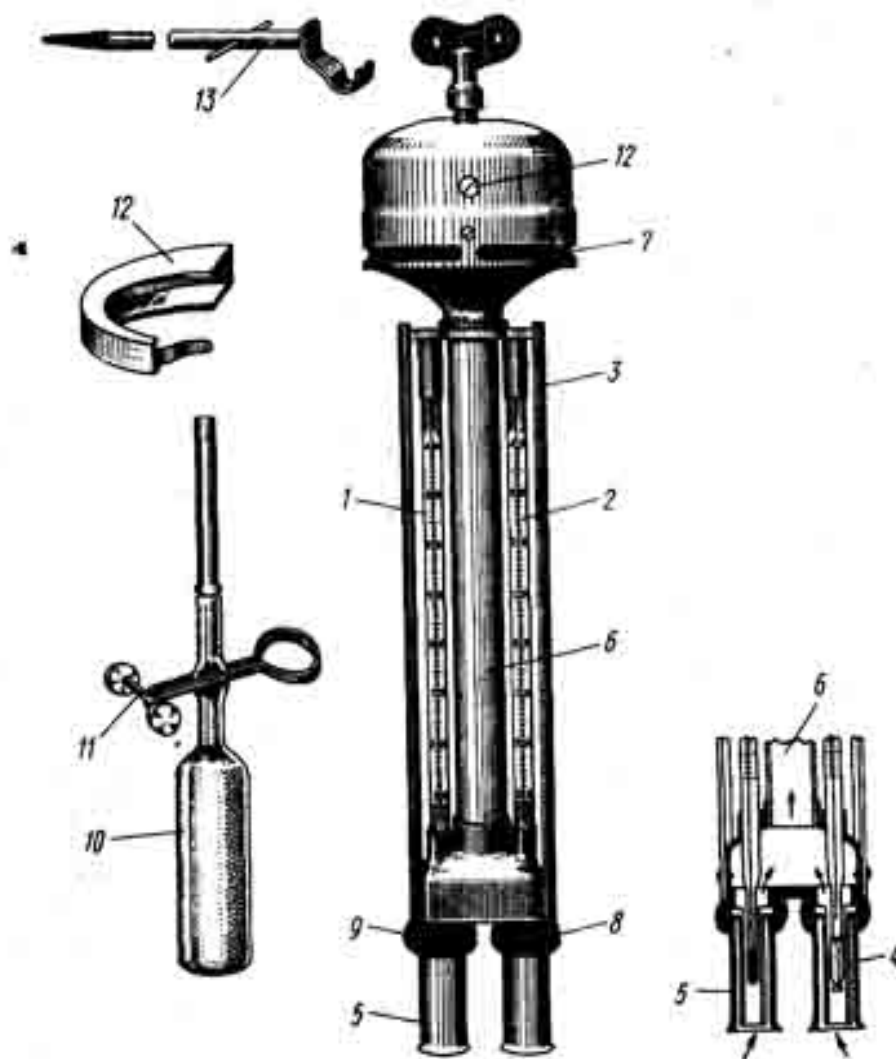


Рис. 5.2. Аспирационный психрометр

1 – сухой термометр; 2 – смоченный термометр; 3 – металлическая оправа;
 4 и 5 – двойные металлические трубочки; 6 – центральная трубка; 7 – прорези в
 головке аспиратора; 8 и 9 – эбонитовые кольца; 10 – баллончик-пипетка;
 11 – зажим; 12 – щиток; 13 – стержень

Гигрометр волосной метеорологический М-19. Наиболее распространен на сети метеорологических станций.

Принцип действия. Действие прибора основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса изменять свою длину в зависимости от относительной влажности воздуха.

Конструкция. Гигрометр состоит из рамки со шкалой и волоса, верхний конец которого закреплен в отверстии регулировочного винта, а нижний конец – на кулачке, связанном со стрелкой. Натяжение волоса создается грузиком (рис. 5.3). При смене относительной влажности воздуха изменяется длина волоса и стрелка под действием

грузика перемещается относительно шкалы. Так как связь между удлинением волоса и относительной влажностью воздуха не линейная, то шкала гигрометра неравномерная.

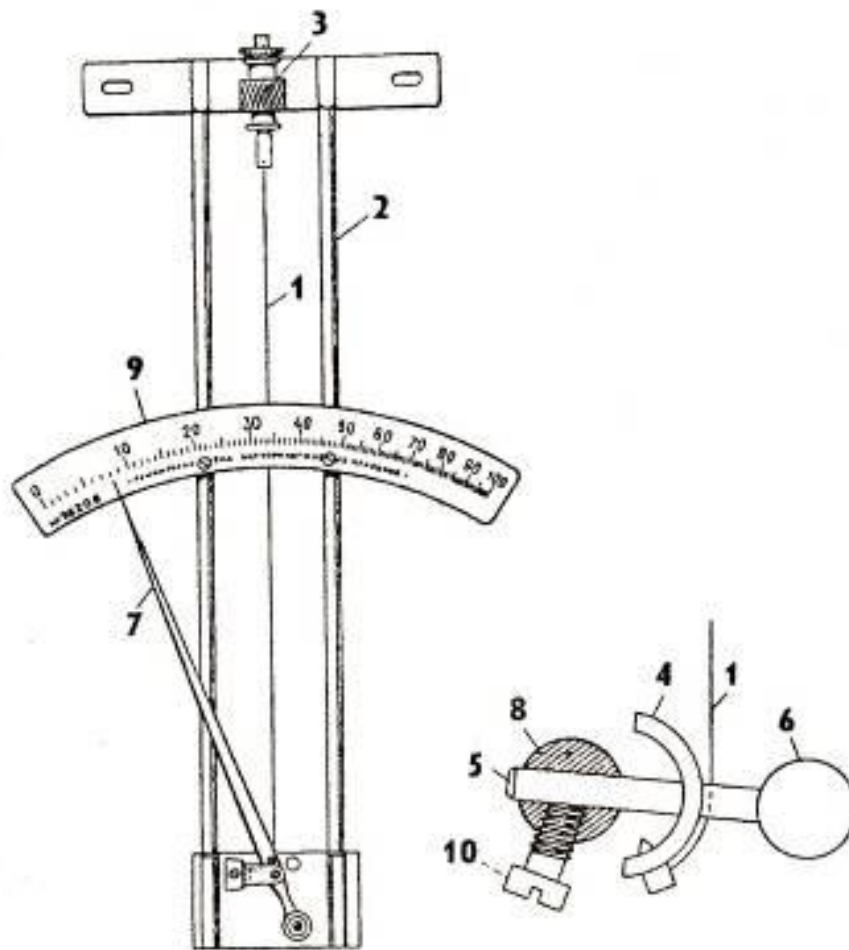


Рис. 5.3. Гигрометр волосной

1 – волос; 2 – рамка; 3 – винт; 4 – кулачок; 5 – стержень;
6 – противовес; 8 – ось стрелки; 9 – шкала; 10 – винт

При температуре воздуха ниже -10°C гигрометр служит основным прибором для измерения влажности воздуха. Гигрометр рассчитан на работу при температуре от -50 до $+55^{\circ}\text{C}$. Предел измерения влажности от 30 до 100 %. Цена деления шкалы 1%, погрешность измерения $\pm 10\%$.

Гигрометр пленочный метеорологический М-39. Прибор рассчитан на работу при температуре воздуха от -60 до $+35^{\circ}\text{C}$. Пределы измерения влажности воздуха от 30 до 100 %. Цена деления 1%, погрешность измерения $\pm 10\%$. Шкала равномерная.

Конструкция. Прибор состоит из чувствительного элемента в виде круглой диафрагмы из органической пленки, передаточного устройства, стрелки и металлической рамки, на которой крепятся детали. Натяжение пленки обеспечивается грузиком (рис. 5.4).

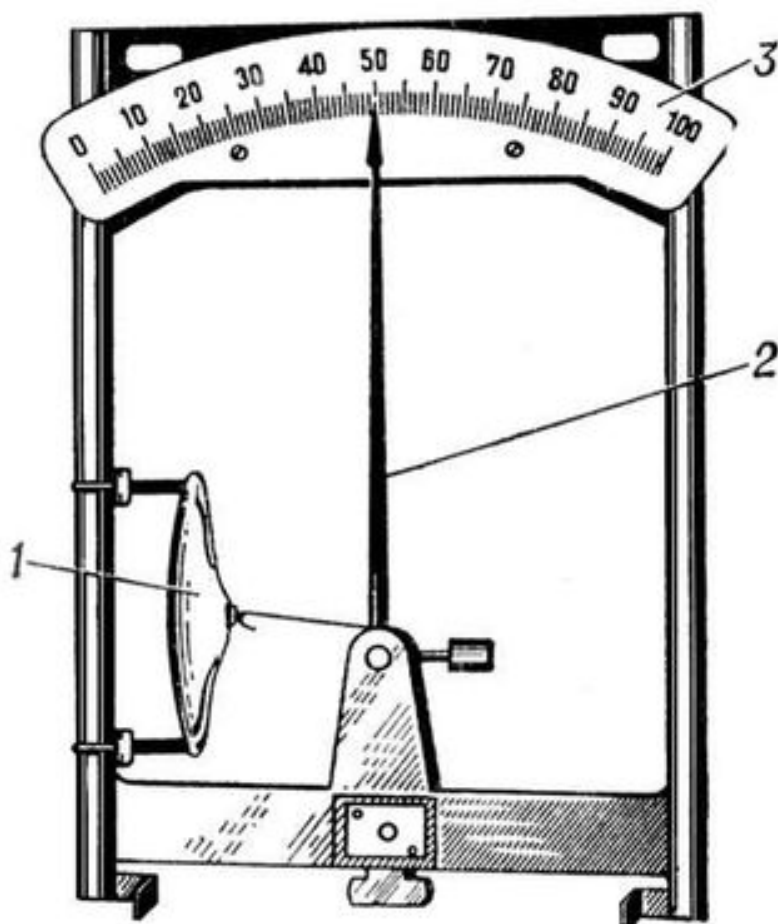


Рис. 5.4. Гигрометр пленочный

1 – органическая пленка; 2 – стрелка; 3 – шкала

Гигрограф метеорологический М-21. Предназначен для непрерывной регистрации влажности воздуха в пределах от -45 до $+55^{\circ}\text{C}$. Погрешность измерения составляет $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Конструкция. Чувствительный элемент – пучок волос, закрепленный с двух сторон и с помощью специальных устройств связанный со стрелкой. Натяжение пучка волос создается грузиком. На конце стрелки имеется перо, заполненное чернилами. Движение барабана с лентой обеспечивается часовым механизмом.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с устройством аспирационного психрометра.
2. Сделать отсчет по обоим термометрам.
3. С помощью пипетки смочить водой батист на правом термометре.
4. Завести вентилятор и засечь время.
5. Через 4 мин сделать отсчет по обоим термометрам.
6. Определить относительную влажность воздуха по психрометрической таблице. Приложение Д.
7. Определить значение максимальной упругости водяного пара при данной температуре воздуха (E , гПа). Приложении Е
8. Вычислить фактическую упругость водяного пара, дефицит влажности и точку росы.
9. Результаты занести в таблицу.

Таблица - Измерение влажности воздуха

Показания термометров, °С		Характеристики влажности				
сухого	смоченного	f, %	E , гПа	e , гПа	d , гПа	t_d , °С

Вопросы для самопроверки

1. Какие приборы служат для измерения влажности воздуха?
2. Какую влажность воздуха измеряют метеорологическими приборами?
3. Принцип действия аспирационного психрометра.
4. Принцип действия волосного гигрометра.
5. Почему шкала гигрометра имеет неравномерные деления?

ИЗМЕРЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Цель работы: получить навыки определения показателей дождя по ленте плювиографа.

Задание по лабораторной работе

1. Ознакомиться с устройством ведра осадкомера.
2. Ознакомиться с устройством плювиографа.
3. Используя запись на ленте плювиографа, определить показатели дождя.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

Количество атмосферных осадков измеряют высотой слоя воды, образованного на горизонтальной водонепроницаемой поверхности. Интенсивность осадков измеряется в миллиметрах в минуту.

Измерение атмосферных осадков

Осадкомер Третьякова. Предназначен для сбора жидких и твердых осадков для их последующего измерения.

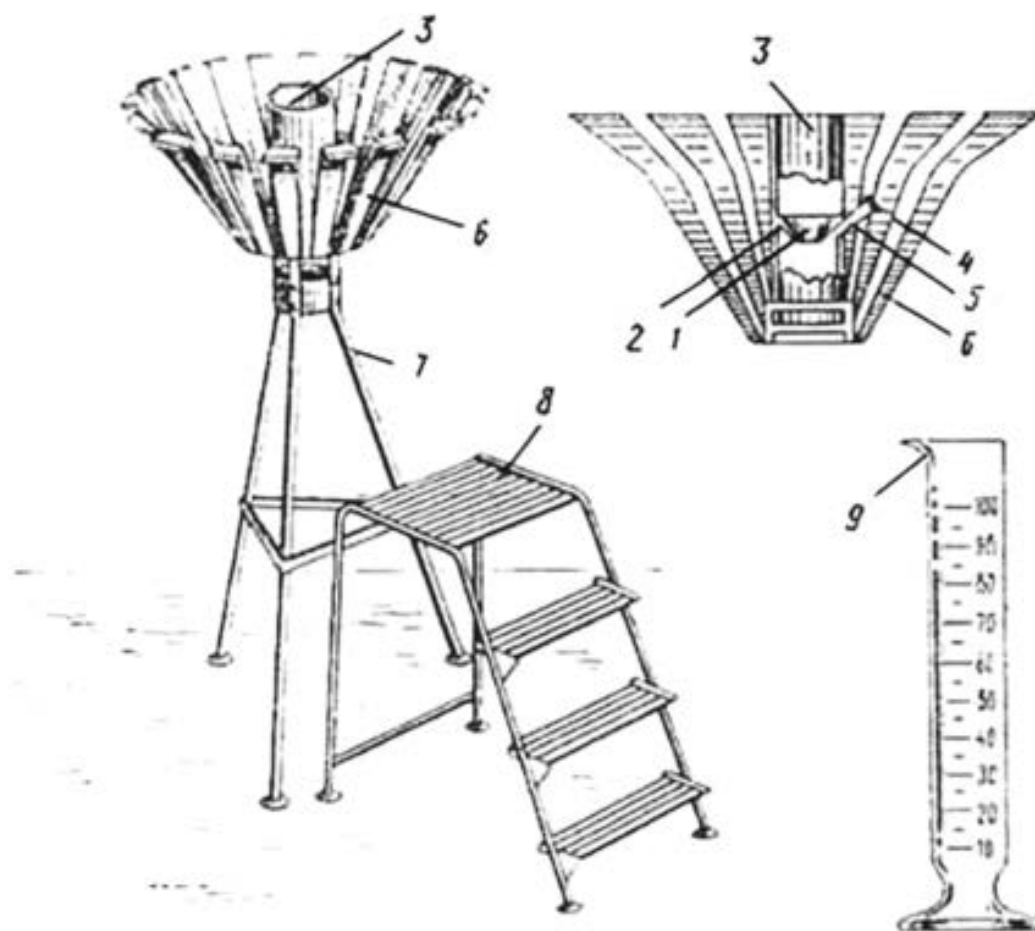


Рис. 6.1. Осадкомер Третьякова

1 – воронка; 2 – диафрагма; 3 – ведро; 4 – носик для слива; 5 – кольцевая оправа; 6 – ветровая защита; 7 – металлическая подставка; 8 – лесенка; 9 – измерительный стакан

Конструкция. Приемный сосуд осадкомера выполнен в виде цилиндрического ведра, перегороденного в его средней части конусообразной диафрагмой с отверстием посередине (рис. 6.1). В летнее время для уменьшения испарения собранной воды в диафрагму вставляется воронка. Для слива собранных осадков в ведре имеется носик, который закрывается колпачком. Диафрагма с вставленной в нее воронкой и колпачок на носике служат для предохранения собранных осадков от испарения. В зимнее время воронкой не пользуются. Для защиты от выдувания твердых осадков ветром вокруг ведра предусмотрена защита, которая состоит из 16 изогнутых металлических пластин (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Защита от выдувания

Осадкомер устанавливается на столбе так, чтобы верхний торец ведра находился на высоте 2 м от поверхности земли.

Проведение измерений. Измерение осадков производится два раза в сутки – в 8 и в 20 часов по поясному времени. В срок наблюдений ведро с осадками заменяется пустым ведром. В помещении станции осадки сливаются из ведра в измерительный стакан и по положению уровня воды отсчитываются число делений стакана с округлением до целых. Одному делению шкалы соответствует 0,1 мм осадков.

Если осадки твердые или смешанные, то измерение производят после того, как они растают.

К полученному значению прибавляют поправки на смачивание осадкомерного сосуда и на частичное их испарение. Для жидких осадков в количестве до 0,5 мм поправка составляет +0,1 мм, более 0,5 мм +0,2 мм.

Плювиограф П-2. Предназначен для непрерывной регистрации количества и интенсивности жидких осадков.

Конструкция. Приемником осадков служит открытый цилиндрический сосуд. Вода из него стекает в расположенный ниже водосборный сосуд, в котором имеется поплавок. На вертикальном стержне поплавок закреплена стрелка с пером на конце. По мере поступления осадков поплавок поднимается, перо вычерчивает линию на диаграммной ленте, укрепленной на барабане (с суточным или недельным оборотом) (рис. 6.3).

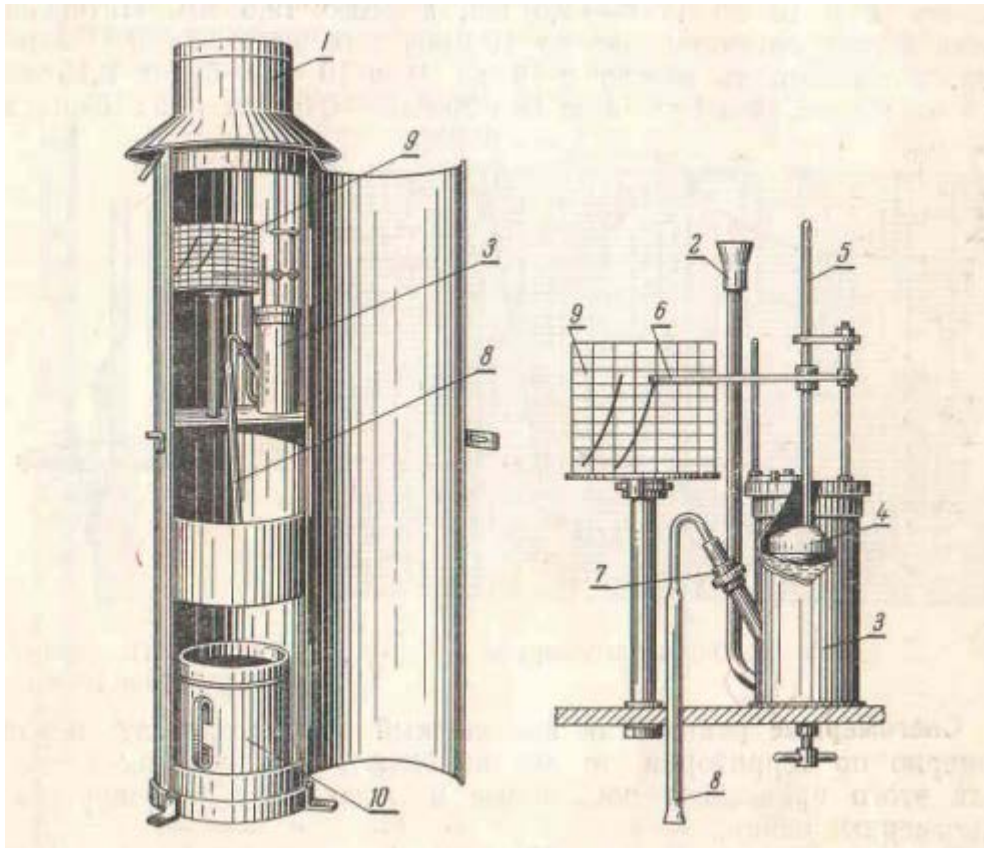


Рис. 6.3. Плювиограф

1 – приемный сосуд; 2 – воронка водосливной трубки; 3 – поплавковая камера; 4 – полый металлический поплавок; 5 – стержень поплавка; 6 – стрелка с пером; 7 – трубка, соединенная с сифоном; 8 – стеклянный сифон; 9 – барабан с лентой; 10 – контрольный сосуд

При наполнении сосуда вода автоматически сливается через трубку-сифон. В момент слива поплавок со стрелкой опускается на нулевую отметку графика.

Обработка ленты ведется по каждому часу. Затем суммируется общее количество осадков за дождь. Если перерыв в дождях превышает 1 ч, то считается, что это разные дожди. Интенсивность рассчитывается за каждые 10 мин дождя.

Порядок выполнения работы.

1. На плювиограмме отметить начало и окончание дождя.
2. Определить продолжительность дождя в минутах.
3. Вычислить общую сумму осадков.
4. Рассчитать среднюю и максимальную интенсивности дождя, мм/мин.
5. Результаты занести в таблицу.

Таблица – Показатели дождя

Показатели				
Время начала и окончания дождя	Продолжительность дождя, мин.	Сумма осадков, мм	Средняя интенсивность, мм/мин.	Максимальная интенсивность, мм/мин.

Вопросы для самопроверки

1. Какие приборы служат для измерения атмосферных осадков?
2. В какие сроки производят измерения осадков с помощью осадкомера Третьякова?
3. Как производятся измерения твердых осадков?
4. Как работает сифон плювиографа?
5. Как отображается на ленте сброс воды?

ВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОБЛАЧНОСТЬЮ

Цель работы: научиться определять форму и количество облаков; вычислять высоту нижней границы облаков.

Задание по лабораторной работе

1. Пользуясь Международной морфологической классификацией, определить количество и форму облаков.
2. Вычислить высоту нижней границы облаков.

Справочные данные и методические указания по выполнению работы

Характеристика облачности нужна синоптикам для получения данных о текущей погоде, для прогностических целей, а также при обслуживании авиации. На метеорологических станциях определяют: количество облаков, виды, формы облаков и высоту нижней границы. Количество и форму облаков определяют визуально, а высоту – инструментально.

Под высотой облаков понимают высоту их нижней границы над поверхностью земли. В основном измеряют высоту облаков нижнего и среднего ярусов (не выше 2500 м), при этом определяется высота самых низких облаков.

Определение формы и количества облаков.

Количество облаков (облачность) оценивают в баллах. Один балл составляет 0,1 часть всего видимого небосвода. При наблюдении оценивается общее количество облаков всех ярусов (общая облачность) и количество облаков только нижнего яруса (нижняя облачность).

Если небо при наблюдении не видно из-за тумана, то туман считается облаками, и отмечается 10 баллов как общей облачности, так и облаков нижнего яруса.

Если небо видно сквозь туман или метель, то количество облаков оценивается как обычно.

При описании форм облаков пользуются Международной морфологической классификацией, приведенной в Атласе облаков. По Атласу определяют форму, вид и разновидности облаков (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Формы облаков

Измерение высоты нижней границы облаков.

Под высотой облаков понимают высоту их нижней границы над поверхностью земли. В основном измеряют высоту облаков нижнего и среднего ярусов. При этом определяется высота самых низких облаков.

В настоящее время на метеорологических станциях преобладающим методом является светолокационный.

Импульсный измеритель высоты облаков ИВО-1М.

Принцип действия. Высота облаков определяется по времени прохождения светом расстояния от датчика светового импульса до нижней границы облаков и обратно до приемника.

Конструкция. Установка состоит из датчика и приемника световых импульсов, пульта управления, соединительных кабелей. Датчик посылает вертикально к облаку световой импульс. Приемник с помощью фотоэлектронного умножителя преобразует отраженный от облака световой импульс в электрический сигнал и передает его на пульт управления. Время прохождения луча отражается на экране.

Порядок выполнения работы.

1. По записи, приведенной в Приложении Ж, определить общую облачность и

облачность нижнего яруса.

Пример записи: 5/2 Сu – общая облачность 5 баллов, облачность нижнего яруса, представленная облаками Сu, 2 балла.

2. Дать описание облаков нижнего яруса в соответствии с Международной морфологической классификацией.
3. Определить высоту нижней границы облаков нижнего яруса по зависимости:

$$H = \frac{c \cdot \tau}{2},$$

где c – скорость света ($3 \cdot 10^8$ м/с); τ – время.

4. Результаты занести в таблицу.
5. Письменно ответить на контрольные вопросы.

Исходные данные: Приложение Ж.

Таблица – Количество, форма и вид облаков

Запись	Общая облачность, баллы	Облачность нижнего яруса		Высота облаков Н, м
		Баллы	Вид облаков	

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды облаков относятся к нижнему ярусу?
2. Какие виды облаков относятся к среднему ярусу?
3. Какие виды облаков относятся к верхнему ярусу?
4. Какими показателями оценивается облачность?
5. Как определить расстояние до нижней границы облаков?

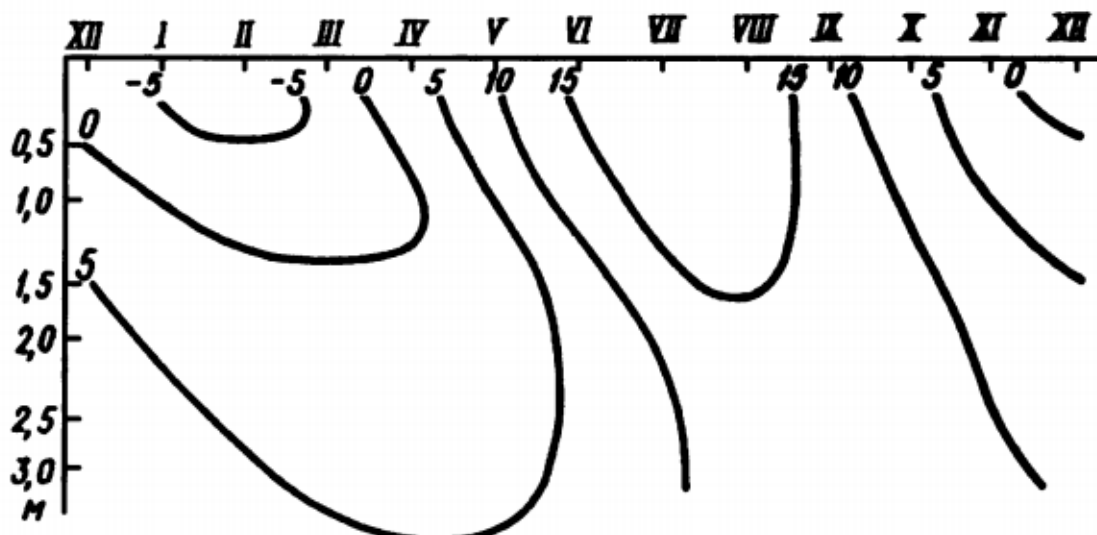
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство к лабораторным работам по метеорологии и климатологии / В. Н. Сорокина, В.Н. Суркова [и др.]. – Москва: Изд-во МГУ, 2012. – 180 с.
2. Моргунов, В.К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений: учебник / В.К. Моргунов. – Ростов/Д.: Феникс. – Новосибирск: Сибирское соглашение, 2005. – 331 с.: ил.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Метеорологические наблюдения на станциях. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 3., Ч. I. – 300 с.
4. Городецкий, О.А. Метеорология, методы и технические средства наблюдений / О.А. Городецкий, И.И. Гуральник, В.В. Ларин. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. – 327 с.
5. Павлова, М.Д. Практикум по агрометеорологии / М.Д. Павлова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 168 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

График *изоплет* температуры почвы на разной глубине в течение года



Приложение Б

Поправка к показаниям барометра на температуру (гПа)

t°С	Показания барометра (гПа)								
	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050
15	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6
16	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7
17	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9
18	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
19	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2
20	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4
21	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6
22	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8
23	3.6	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.9	3.9
24	3.8	3.8	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1
25	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.3
26	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4
27	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6
28	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8
29	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	5.0
30	4.7	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.1

Приложение В

Поправка к показаниям барометра на силу тяжести (на широту места) (гПа)

Широта, град (+)	Показания барометра (гПа)								
	970	980	990	1000	1010	1013.2	1020	1030	1040
56	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00	1.01
55	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.90	0.91	0.92
54	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.82	0.83
53	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.73	0.74	0.74
52	0.61	0.61	0.61	0.63	0.63	0.64	0.64	0.65	0.65

Приложение Г

Данные наблюдений за направлением и скоростью ветра

Месяц	Направление								штиль
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
январь	3	7	35	11	6	10	20	8	7
июль	9	8	13	5	6	10	33	16	9

Приложение Д

Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, $t_1, ^\circ\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометров, $^\circ\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Влажность воздуха, %										
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Приложение Е

Максимальная упругость водяного пара (гПа) над водой при температуре выше 0°C

Целые градусы	Десятые доли градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	6.1	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5
1	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0
2	7.0	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5
3	7.6	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	8.0	8.1
4	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.4	8.5	8.5	8.6	8.7
5	8.7	8.8	8.8	8.9	9.0	9.0	9.1	9.2	9.2	9.3
6	9.4	9.4	9.5	9.5	9.6	9.7	9.7	9.8	9.9	10.0
7	10.0	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.6	10.6
8	10.7	10.8	10.9	11.0	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4
9	11.5	11.6	11.6	11.7	11.8	11.9	12.0	12.0	12.1	12.2
10	12.3	12.4	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13.0	13.0
11	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8	13.9
12	14.0	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9
13	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9
14	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	17.0
15	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	18.0	18.1
16	18.2	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.3
17	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	20.0	20.1	20.3	20.4	20.5
18	20.6	20.8	20.9	21.0	21.2	21.3	21.4	21.6	21.7	21.8
19	22.0	22.1	22.3	22.4	22.5	22.7	22.8	23.0	23.1	23.2
20	23.4	23.5	23.7	23.8	24.0	24.1	24.3	24.4	24.6	24.7
21	24.9	25.0	25.2	25.4	25.5	25.7	25.8	26.0	26.1	26.3
22	26.5	26.6	26.8	26.9	27.1	27.3	27.4	27.6	27.8	27.9
23	28.1	28.3	28.5	28.6	28.8	29.0	29.2	29.3	29.5	29.7
24	29.9	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.1	31.3	31.5
25	31.7	31.9	32.1	31.3	31.5	31.7	31.9	33.0	33.2	33.4
26	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.9	35.1	35.3	35.5
27	35.7	35.9	36.1	36.3	36.5	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6
28	37.8	38.1	38.3	38.5	38.7	39.0	39.2	39.4	39.6	39.9
29	40.1	40.3	40.6	40.8	41.0	41.3	41.5	41.8	42.0	42.2

Приложение Ж

Наблюдения за облачностью

№ варианта	Облачность	Время прохождения светового импульса, с
1	0/0	
2	8/4 Cu	$7 \cdot 10^{-6}$
3	8/5 St	10^{-5}
4	10/8 Ns	$8 \cdot 10^{-6}$
5	9/7 Sc	$6 \cdot 10^{-6}$
6	10/10 St	$3 \cdot 10^{-6}$
7	7/3 Sc	$1.2 \cdot 10^{-5}$
8	5/2 Cu	10^{-6}
9	6/5 Sc	$5 \cdot 10^{-6}$
10	9/5 Cs	$4 \cdot 10^{-6}$

Учебное издание

Елена Андреевна Нелюбина

КЛИМАТОЛОГИЯ И МЕТЕОРОЛОГИЯ

Редактор И. Голубева

Подписано в печать 30.12.2021. Формат 60 х 84/16. Печ. л. 4,3.
Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 30 экз. Заказ 101

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
236022, Калининград, Советский проспект, 1