

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
БЕЛОРУССКОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
БЕЛОРУССКИЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

# КЛИМАТ Гродно

Под редакцией  
канд. техн. наук И. А. САВИКОВСКОГО



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ  
1982

Описывается климатический режим Гродно. Дается краткая характеристика сезонов в целом и содержатся данные по каждому метеорологическому элементу в отдельности: температуре, влажности, давлению, ветру, облачности, осадкам, атмосферным явлениям. Рассмотрены месячные, сезонные и годовые аномалии температуры и осадков. Рассчитаны некоторые характеристики радиационного и светового режима. Приведены краткие сведения об особенностях циркуляции атмосферы и их влиянии на погоду в Гродно. Коротко рассмотрен гидрологический режим р. Неман у Гродно.

Книга рассчитана на градостроителей, энергетиков, работников городского хозяйства, транспорта, медиков, географов и климатологов. Может представлять интерес для других специалистов, использующих данные по климату, и для широкого круга читателей.

058213



К 1903040000-079 16-81(2).  
069(02)-82

© Белорусское республиканское управление по гидрометеорологии и контролю природной среды (Белорусское УГКС), 1982 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга является справочным пособием и предназначена для специалистов разных отраслей народного хозяйства, использующих в своей работе данные по климату. При подготовке климатического описания Гродно были использованы материалы «Справочника по климату СССР», вып. 7, исправленные и дополненные наблюдениями последних лет. Кроме того, использовались и специальные климатические разработки.

В книге приводятся следующие климатические характеристики: средние значения метеорологических величин, их повторяемость или обеспеченность и экстремумы. Средние значения служат основным показателем при сравнении климата различных пунктов и рассмотрении годового хода метеорологических величин. В большинстве случаев чем ближе значение к среднему, тем чаще оно встречается. Однако точное значение среднего может встречаться редко или вообще не встречаться, например нецелое среднее число дней с тем или иным атмосферным явлением. Последнее может быть и меньше единицы. Например, среднее число дней с грозой в марте равно 0,05. Это означает, что гроза в марте бывает в среднем один раз в 20 лет.

Детальное представление о значениях, которые принимает метеорологическая величина, можно получить из таблицы ее повторяемости. Под повторяемостью понимается отношение (%) числа случаев (дней, сроков) с данным значением величины к общему числу случаев за весь период наблюдений. Таким образом, повторяемость представляет собой эмпирическую вероятность разных значений величины.

В ряде таблиц приведена обеспеченность, или интегральная вероятность, т. е. вероятность того, что значение будет не больше (или не меньше) указанного в таблице. Например, в июне 5 %-ную обеспеченность имеет сумма осадков, равная 148 мм (табл. 63). Это означает, что в 5 % случаев июньская сумма осадков не меньше 148 мм, а в 95 % случаев — меньше этого значения. Иначе говоря, сумма осадков 148 мм или больше наблюдается в июне в среднем один раз в 20 лет.

Для многих величин приведены их средние и абсолютные максимумы и минимумы. Средний максимум (минимум) — среднее арифметическое из суточных максимумов (минимумов). Абсолютный максимум (минимум) — это наибольшее (наимень-

шее) значение данной величины либо за весь период наблюдений, либо за конкретный месяц, сезон, год.

Для получения характеристик метеорологических величин использованы в основном ряды наблюдений, указанные в табл. 2 Приложения. Отклонения от средних, максимумы и минимумы выбирались за период наблюдений включительно по 1975 г. (в отдельных случаях — по 1978 г.).

Данные по сезонам (зима, весна и т. д.), имеющиеся в ряде таблиц, относятся к календарным интервалам: декабрь—февраль, март—май, июнь—август и сентябрь—ноябрь.

До 1966 г. при производстве и обработке метеорологических наблюдений применялось среднее солнечное время. Это время было использовано в справочниках по климату, изданных в 60-х годах, и в других, более поздних публикациях по климату. При обобщении данных регистрации радиации или продолжительности солнечного сияния в большинстве случаев использовалось истинное солнечное время.

В настоящей книге для удобства потребителя везде дано московское декретное время<sup>1</sup>. Сроки наблюдений округляются до целого часа. Так, например, сроки 2, 8, 14 и 20 ч соответствуют 2 ч 25 мин, 8 ч 25 мин и т. д., т. е. 1, 7, 13 и 19 ч по среднему солнечному времени.

В качестве характеристики изменчивости метеорологических величин от года к году используется среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{ср}})^2}{n - 1}},$$

где  $x_i$  — значение величины в  $i$ -м году;  $x_{\text{ср}}$  — ее среднее многолетнее значение;  $n$  — число лет наблюдений.

Климатическое описание Гродно подготовлено сотрудниками Минской гидрометеорологической обсерватории и Бюро погоды Белорусского территориального гидрометеорологического центра З. Х. Таутиевой (п. 1.3, 3.2, 3.3, гл. 4—6, 9), В. Р. Жумарь (гл. 7, 8), И. А. Савиновским (гл. 2), Т. А. Шадринной (п. 3.1), Л. Б. Рясной (п. 1.2). Параграф 1.1 написан начальником гидрологической станции Гродно М. Е. Перским. В анализе материалов и редактировании принял участие М. А. Гольберг.

В подготовке табличного материала книги и ее оформлении участвовали техники В. Н. Евсикова, А. К. Коледа, Е. В. Кульгавая, Н. Л. Морозова, М. П. Наумова, И. Е. Николаева и В. П. Переверзева.

Рецензирование книги проведено сотрудниками отдела прикладной климатологии ГГО канд. геогр. наук Ц. А. Швер и канд. геогр. наук Н. Г. Горышиной, а также Г. И. Прилипко и Л. Г. Васильевой.

<sup>1</sup> Без учета введенного с 1 апреля 1981 г. «летнего времени», т. е. перевода стрелки часов на час вперед в апреле—сентябре.

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. Природные условия и особенности города

Гродно — один из древнейших городов Белоруссии. Первые упоминания о нем под существующим названием встречаются в Ипатьевской летописи (1128 г.), затем в «Слове о полку Игореве». В прошлом города — века непрочной пограничной жизни — набеги, войны, пожары, осады, победы и поражения. Раскинувшийся на живописных холмах Гродненской возвышенности, глубоко рассеченных плавными изгибами Немана и его притоков (Городничанки и Лососьны), город имеет свое неповторимое прекрасное лицо. Древняя Борисо-Глебская церковь (XII в.), замки, монастыри и храмы напоминают о глубокой старине, когда город был форпостом на северо-западных рубежах Руси, и о более поздних временах, когда по Неману через Гродно проходил торговый путь к балтийским рынкам.

Современный Гродно занимает площадь, превышающую 4500 га. Это интенсивно развивающийся индустриальный город. В 1964 г. число жителей города достигло 100 тыс., а в начале 1980 г. превысило 200 тыс. Свыше 50 промышленных предприятий города производят разнообразную продукцию: химические удобрения и синтетические волокна, железобетонные конструкции и строительные материалы, узлы и детали автомобилей, технологическое оборудование и детские игрушки, хлопчатобумажную пряжу и шерстяные ткани, обувь, одежду, мебель, автомагнитолы, мясо-молочные изделия, различные товары культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода. Изделия с гродненской маркой успешно экспортируются более чем в 50 стран мира. Железнодорожные, автотранспортные магистрали и воздушные линии связывают Гродно с другими городами страны.

Подобно многим другим древнерусским городам в Гродно сложилась радиальная система планировки. Центральная часть города, образованная узкими улицами с плотной застройкой и расположенная на высоком правом берегу Немана, является историческим наследием зодчества прошедших веков. Здесь находится около сорока архитектурных памятников и до двухсот зданий, представляющих определенную историческую ценность.

Гродно непрерывно развивается и строится. Переброшенные через Неман мосты соединили центр города с его занеманской частью, где быстро вырос новый город с многоэтажными жилыми домами, школами, дворцами культуры и крупными промышленными предприятиями.

Излюбленные места отдыха горожан — лесопарки «Румлево» и «Пышки», лесной массив «Меловые горы», расположенные на берегах Немана, искусственное озеро «Юбилейное» на р. Лососьне, зона отдыха «Озеры» и городские парки. Парки, лесопарки, скверы и сады занимают площадь 643 га. Озелененные территории в городе в целом занимают около 17 %. Площадь открытой водной поверхности в черте города — 149 га.

Окружающие город территории Гродненской возвышенности и Средненеманской низины отличаются разнообразием природных условий. Около 40 % поверхности покрыто лесами, в составе которых преобладают сосновые боры и смешанные леса с дубом, березой и ясенем. Болот мало, они занимают около 3 % территории и приурочены в основном к Средненеманской низине, к водоразделам и долинам рек. Облик заболоченных местностей сильно изменился в результате активной мелиоративной деятельности в последние десятилетия. Большая часть площади Гродненской возвышенности используется под интенсивное земледелие, свыше 40 % окружающих Гродно земель распахано. До 10 % земель занято пастбищами и сенокосами.

## 1.2. Гидрологическая характеристика р. Неман у Гродно

Река Неман занимает среди рек Белоруссии пятое место по площади водосбора и водности. Она берет начало в заболоченном лесном массиве, у сел Верхний Неман и Красное Минского района, впадает в Куршский залив Балтийского моря.

Длина реки от истока до устья 937 км, в пределах Белоруссии (от истока до впадения р. Черная Ганча) 459 км. Общая площадь водосбора 98 200 км<sup>2</sup>, площадь водосбора до р. Черная Ганча 35 000 км<sup>2</sup>. Средний уклон водной поверхности 0,21 ‰. Густота речной сети по длине реки 0,47 км/км<sup>2</sup>.

Наиболее крупными притоками Немана являются р. Березина (длина 226 км) и р. Щара (длина 325 км). Ближайшие к Гродно притоки (выше города): с правого берега — Лебеда и Котра на расстоянии 130 и 21 км от гидрологического поста соответственно; с левого берега — Зельвянка, Рось и Свислочь на расстоянии 77, 65 и 29 км от поста соответственно.

Водосбор неправильной формы, асимметричный, более развит по левобережью, расположен в пределах Неманской низины. Общая лесистость водосбора около 25 %, из которых 5 % составляет заболоченный лес. Озерность незначительная (<1 %).

Болотами и заболоченными землями занято около 9 % площади. Осушено около 100 тыс. га. Пахотными землями занято примерно 40 % площади.

Режим реки в пределах Белорусской ССР (до Гродно) изучается на 25 постах. Гидрологический пост в Гродно расположен в 423 км от истока Немана, против устья р. Городничанки. Площадь водосбора до створа поста 33 600 км<sup>2</sup>.

Долина р. Неман в районе Гродно V-образной формы, склоны высокие, крутые. Левый склон имеет незатопляемую террасу высотой 6—6,5 м, шириной 70—80 м. Русло реки прямолинейное, песчано-галечное, устойчивое. Левый берег вогнутый, правый — крутой, рассечен оврагами, сливается со склоном долины, достигающим на участке водпоста высоты 40 м. Протяженность р. Неман в городе 6,6 км.

Неман принадлежит к типу равнинных рек с преобладанием снегового питания. Режим стока в годовом разрезе характеризуется высоким весенним половодьем, относительно низкой летней меженью, периодическими осенними паводками.

Вскрытие реки у Гродно обычно происходит в середине марта. Наиболее раннее вскрытие за период наблюдений с 1881 г. отмечено 11 февраля 1903 г., наиболее позднее — 12 апреля 1942 г. Продолжительность весеннего ледохода в среднем составляет 16 дней. Характерной чертой весеннего половодья является прохождение нескольких волн, обусловленных на подъеме неравномерностью снеготаяния, а на гребне и спаде выпадением дождевых осадков. В редкие годы с дружным развитием весенних процессов половодье проходит одной волной (1931, 1947 и 1958 гг.). Начинается обычно половодье во второй декаде марта, в годы с ранней весной — в первых числах февраля, в годы с поздней весной — в первой декаде апреля. Средняя продолжительность половодья около двух месяцев, средняя высота подъема максимального уровня над наименьшим изменяется от 2,5 до 4 м, увеличиваясь вниз по течению. Наиболее высокое половодье за последние 150 лет наблюдалось в 1958 г., когда у Гродно уровень повысился на 8,1 м.

Летне-осенняя межень устанавливается обычно в середине мая и продолжается до конца сентября (около 170 дней). Плавный ход меженных уровней часто нарушается летними и осенними дождевыми паводками высотой до 1 м, в отдельные годы (1922, 1930 гг.) до 2 м. В наиболее дождливые годы может наблюдаться до четырех паводков за сезон (1933 г.). Минимальные уровни чаще наступают в июле—августе.

Зимняя межень более устойчивая, продолжается 80—90 дней. В отдельные годы нарушается оттепелями, повышающими уровень на 2—3 м (1935 и 1958 гг.).

Замерзает река обычно во второй половине декабря после осеннего ледохода. Наиболее ранний ледостав у Гродно

наблюдался 9 ноября 1908 г., наиболее поздний — 13 февраля 1947 г. Средняя продолжительность ледостава 73 дня. Поздние даты замерзания у Гродно связаны со сбросом промышленных вод.

Характерным для реки является значительная естественная зарегулированность стока. Доля стока лимитирующего периода составляет около 55 % годового, из них на летне-осенний сезон приходится 35 %, на зимний — 20 %. Наибольший расход воды у Гродно составил 3410 м<sup>3</sup>/с (1958 г.), наименьший — 17,4 м<sup>3</sup>/с (1965 г.). Средний многолетний годовой сток 197 м<sup>3</sup>/с, максимальный 919 м<sup>3</sup>/с, минимальный летний 89,2 м<sup>3</sup>/с, минимальный зимний 70,1 м<sup>3</sup>/с.

Вода в реке относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу, средней минерализации и характеризуется некоторым повышением минерализации и жесткости во все фазы водного режима. В период весеннего половодья в районе Гродно отмечается наличие агрессивной углекислоты в количестве, не превышающем 3,5 мг/л.

Вода в течение всего года обладает хорошими питьевыми качествами, используется для бытового и промышленного водоснабжения. Река судоходна.

### 1.3. История развития метеорологических наблюдений в Гродно

Первые метеорологические наблюдения в Гродно начались в 1839 г. и продолжались до 1843 г. В 1894 г. они были возобновлены. С июля 1894 по 1914 г. метеостанция находилась в центре города. После воссоединения Западной Белоруссии метеорологические наблюдения в Гродно были начаты в августе 1940 г., в июне 1941 г. прерваны и возобновлены (по программе станции II разряда) в июле 1944 г. после освобождения города.

Метеостанция находилась на окраине города. Метеорологическая площадка была расположена на возвышенном ровном участке, покрытом травой и имеющем незначительный уклон к юго-востоку. С востока и севера ее окружали поля, с запада и юга — строения Гродно. Ближайшие постройки (каменные двухэтажные дома) находились в 30 м к юго-западу и 150 м к юго-востоку от площадки. В 1958 г. в 100 м к юго-западу от площадки построено трехэтажное кирпичное здание, а в 15 м к северо-востоку — деревянные сараи высотой около 4 м; два деревянных дома построено на расстоянии 35—50 м. Дома, расположенные на юге, севере и востоке, находились на пониженном относительно метеоплощадки месте.

В феврале 1962 г. станция была перенесена на северную окраину города, на расстояние 1,5 км к северу от прежнего

места. Площадка располагалась в центре усадьбы метеостанции на ровном открытом месте. В 25 м к северу и в 40 м к юго-востоку располагаются одноэтажные кирпичные дома, в 45 м к юго-западу — сарай. С северной и северо-восточной стороны в 50 м проходит овраг глубиной 5 м.

1 июня 1964 г. станция была перенесена на расстояние 10 км к юго-западу от прежнего местоположения, в район Гродненских высот, переходящих на северо-востоке в Гродненскую пушу. Метеорологическая площадка расположена на ровном месте, с севера, запада и юга окружена пологими холмами высотой до 30 м. В ближайшем окружении площадки находились: в 20 м к югу от нее полоса соснового леса, в 35 м к северо-востоку двухэтажное здание.

В июле 1969 г. площадка вновь была перенесена на 35 м к западу от прежнего местоположения. Ближайшее окружение площадки: в 7 м к востоко-северо-востоку располагается трансформаторная будка высотой 3 м, в 25 м — трехэтажное здание гостиницы высотой 15 м, на расстоянии 60 м к югу — полоса соснового леса высотой до 15 м, в 20 м к северо-западу — здание высотой 3,5 м. В 200 м к востоко-северо-востоку с юго-запада на северо-восток протекает р. Лососянка. Подстилающая поверхность — луговая трава.

Первыми крупными работами по климату, в которых дана, в частности, характеристика района Гродно, были исследования А. И. Кайгородова. По заданию правительства он выполнил ряд научных исследований, имеющих важное значение для народного хозяйства республики. В 30-е годы вышли из печати «Климатический атлас Белоруссии», «Сравнительный климатический очерк Белоруссии», «Ветровые ресурсы БССР», «Климат Западной Белоруссии», «Очерк сельскохозяйственных климатических условий БССР» и большая двухтомная монография «Климат БССР, Западной Белоруссии и сопредельных стран». В этих работах рассмотрены основные факторы, под влиянием которых формируется климат Белоруссии, проведено климатическое районирование территории республики, дана детальная характеристика всех основных метеоэлементов.

Позднее метеорологические наблюдения в Гродно обобщались в ряде публикаций Минской гидрометеорологической обсерватории. В 1965—1968 гг. выходит из печати в пяти частях «Справочник по климату СССР», выпуск 7 (Белорусская ССР). В Справочнике обобщен весь имеющийся материал до 1965 г. Он представлен в основном по отдельным метеоэлементам в виде таблиц с пояснительным текстом к ним.

В 1970 г. опубликован «Агроклиматический справочник» по Белоруссии. В 1972 г. была опубликована работа «Гололед и изморозь на территории Белорусской ССР». В 1973—1979 гг. в дополнение к «Справочнику по климату» изданы погодические метеорологические данные за период наблюдений 1951—1965 гг.

по температуре воздуха и почвы, осадкам, ветру, влажности воздуха, атмосферным явлениям, облачности и снежному покрову.

Исследования по климату Белоруссии проводились и на географическом факультете Белорусского государственного университета им. В. И. Ленина. В частности, профессором А. Х. Шкляром были подготовлены к изданию монографии «Климат Белоруссии и сельское хозяйство» (1962 г.) и «Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве» (1973 г.).

## 2. РАДИАЦИОННЫЙ И СВЕТОВОЙ РЕЖИМ

### 2.1. Астрономические факторы

Приток лучистой энергии солнца (солнечной радиации) к земной поверхности, крышам и стенам зданий зависит прежде всего от положения солнца на небосводе. В табл. I приведено время восхода и захода солнца в Гродно. За время восхода и захода принимается момент, когда верхний край солнечного диска пересекает так называемый «истинный горизонт», т. е. его угловая высота по отношению к наблюдателю равна нулю. Если горизонт закрыт строениями или деревьями, то восход наступает позже, а заход раньше. Поправка к времени восхода или захода при закрытости горизонта  $4^\circ$  составляет:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Поправка, мин . .	40	33	30	31	35	39	37	32	31	31	37	43

При меньшей закрытости поправка пропорционально изменяется.

В табл. I указано также время начала и конца гражданских сумерек. Гражданскими сумерками называют промежуток времени перед восходом или после захода солнца, когда еще настолько светло, что на открытом месте можно выполнять различные работы.

Граница гражданских сумерек со стороны ночи характеризуется настолько значительным ослаблением освещения, что становится трудно читать, разбирать карту или циферблат часов, рассматривать мелкие детали предметов. С окончанием сумерек включают уличное освещение в городах и сигнальные огни на транспорте. За границу гражданских сумерек при ясном небе принят момент, когда глубина погружения солнца под горизонт равна  $6^\circ$ . При этом освещенность открытой горизонтальной площадки составляет около 4 лк. Время начала и конца сумерек при облачности, указанное в табл. I, относится к случаю, когда облака покрывают всю часть неба, занятую зарей. Если облака находятся вне сегмента зари, то на освещенность они влияют мало, и в этих случаях надо пользоваться графой «ясно».

В табл. I, как и во всех таблицах и графиках, указано московское декретное время. Оно отличается от истинного солнечного времени, определяемого по положению солнца на небо-

Таблица 1

Начало и конец дня и сумерек (ч мин) в Гродно (время декретное)

Дата	Начало сумерек			Восход	Продолжитель- ность дня	Заход	Конец сумерек		
	ясно	просветля- ющаяся облач- ность	плотная облачность				ясно	просветля- ющаяся облач- ность	плотная облачность
5 I	8 57	9 05	9 08	9 40	7 40	17 20	18 03	17 55	17 52
15 I	8 52	9 00	9 02	9 34	8 00	17 34	18 16	18 08	18 06
25 I	8 41	8 49	8 51	9 22	8 30	17 52	18 33	18 25	18 23
5 II	8 25	8 32	8 35	9 04	9 10	18 14	18 53	18 46	18 43
15 II	8 07	8 14	8 17	8 44	9 50	18 34	19 11	19 04	19 01
25 II	7 46	7 53	7 56	8 23	10 30	18 53	19 30	19 23	19 20
5 III	7 29	7 36	7 39	8 05	11 04	19 09	19 45	19 38	19 35
15 III	7 05	7 12	7 17	7 40	11 48	19 28	20 03	19 56	19 51
25 III	6 40	6 47	6 53	7 16	12 30	19 46	20 22	20 15	20 09
5 IV	6 12	6 20	6 26	6 49	13 18	20 07	20 44	20 36	20 30
15 IV	5 47	5 55	6 01	6 25	14 00	20 25	21 03	20 55	20 49
25 IV	5 22	5 31	5 37	6 03	14 40	20 43	21 24	21 15	21 09
5 V	4 59	5 08	5 15	5 42	15 20	21 02	21 45	21 36	21 29
15 V	4 38	4 48	4 55	5 24	15 54	21 18	22 04	21 54	21 47
25 V	4 19	4 31	4 37	5 09	16 26	21 35	22 25	22 13	22 07
5 VI	4 06	4 19	4 26	4 58	16 50	21 48	22 40	22 27	22 20
15 VI	4 00	4 13	4 21	4 54	17 02	21 56	22 50	22 37	22 29
25 VI	4 01	4 13	4 21	4 55	17 04	21 59	22 53	22 41	22 33
5 VII	4 10	4 21	4 29	5 02	16 54	21 56	22 48	22 37	22 29
15 VII	4 22	4 34	4 42	5 13	16 36	21 49	22 40	22 28	22 20
25 VII	4 40	4 51	4 58	5 27	16 08	21 35	22 22	22 11	22 04
5 VIII	5 02	5 12	5 18	5 45	15 32	21 17	22 00	21 50	21 44
15 VIII	5 22	5 31	5 37	6 03	14 54	20 57	21 38	21 29	21 23
25 VIII	5 42	5 50	5 57	6 20	14 14	20 34	21 12	21 04	20 57
5 IX	6 05	6 11	6 18	6 40	13 28	20 48	20 44	20 37	20 30
15 IX	6 22	6 29	6 35	6 57	12 46	19 43	20 18	20 11	20 05
25 IX	6 41	6 48	6 54	7 15	12 04	19 19	19 53	19 46	19 40
5 X	6 59	7 06	7 13	7 33	11 22	18 55	19 29	19 22	19 15
15 X	7 16	7 23	7 30	7 51	10 40	18 31	19 06	18 59	18 52
25 X	7 34	7 41	7 48	8 10	9 58	18 08	18 44	18 37	18 30
5 XI	7 55	8 03	8 08	8 32	9 14	17 46	18 23	18 15	18 10
15 XI	8 11	8 19	8 25	8 50	8 38	17 28	18 07	17 59	17 53
25 XI	8 28	8 37	8 42	9 09	8 06	17 15	17 56	17 47	17 42
5 XII	8 51	9 00	9 05	9 33	7 44	17 07	17 49	17 40	17 35
15 XII	8 53	9 02	9 07	9 36	7 28	17 04	17 47	17 38	17 33
25 XII	8 57	9 06	9 09	9 41	7 28	17 09	17 53	17 44	17 41

своде. Поэтому истинный полдень, когда солнце находится на юге (точнее, проходит через плоскость меридиана), приходится в Гродно не на 12 ч, а на следующие моменты по декретному времени (на 15-е число):

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI
Время, ч мин . .	13 34	13 39	13 34	13 25	13 21	13 25
Месяц . . . . .	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Время, ч мин . .	13 31	13 30	13 20	13 11	13 09	13 20

Положение солнца на небосводе характеризуется его угловой высотой и азимутом. Высота солнца, т. е. угол между направлением на солнце и горизонтальной плоскостью, определяет угол падения на нее солнечных лучей. Азимут — угол между плоскостью меридиана и вертикальной плоскостью, проходящей

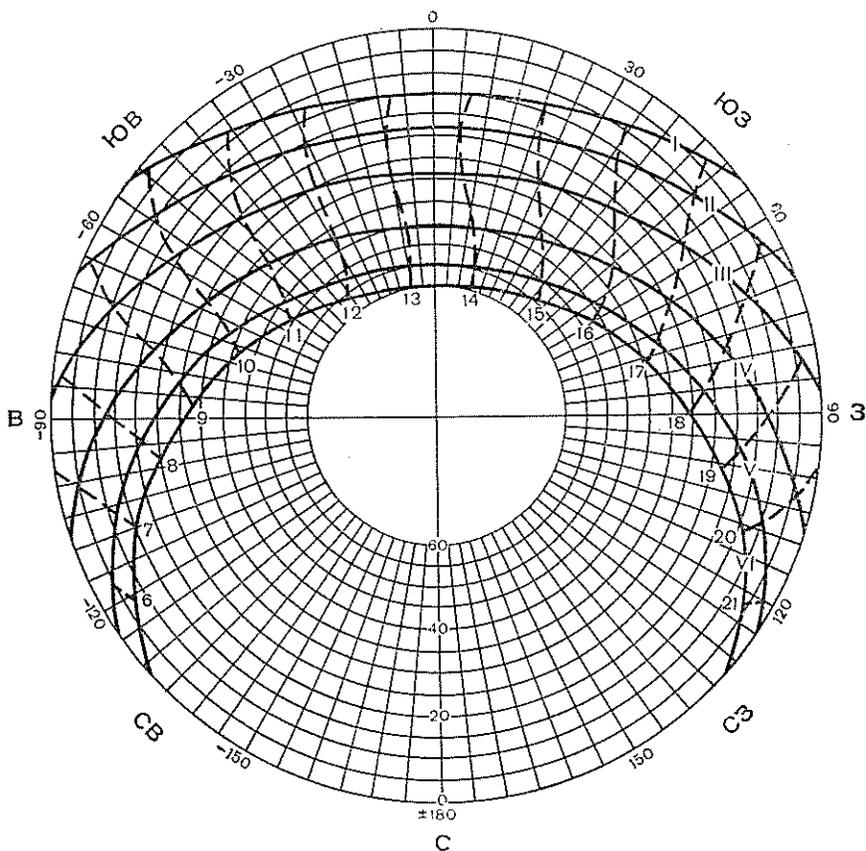


Рис. 1. Высота и азимут солнца в Гродно в январе—июне.

через солнце, определяет, с какой стороны падают солнечные лучи. Азимут солнца обычно отсчитывают от направления на юг.

Высота и азимут солнца представлены на рис. 1 и 2, на которых выпуклыми кривыми изображен путь солнца по небу 15-го числа в разные месяцы. Азимут отложен по окружности влево и вправо от направления на юг, высота — по радиусам к центру. Линиями, обозначенными 6, 7 и т. д., соединены точки, соответствующие одному и тому же целому часу. По этим графикам можно найти приближенное значение высоты и азимута

солнца в заданный день и момент времени. Например, 15 марта в 15 ч высота солнца  $h_{\odot} = 32^{\circ}$ , а азимут  $A = 25^{\circ}$ , 25 октября в 16 ч 30 мин — соответственно 12 и  $50^{\circ}$ .

Начало и конец облучения северных и южных, западных и восточных стен приведены в табл. 2. Такие же данные для стен

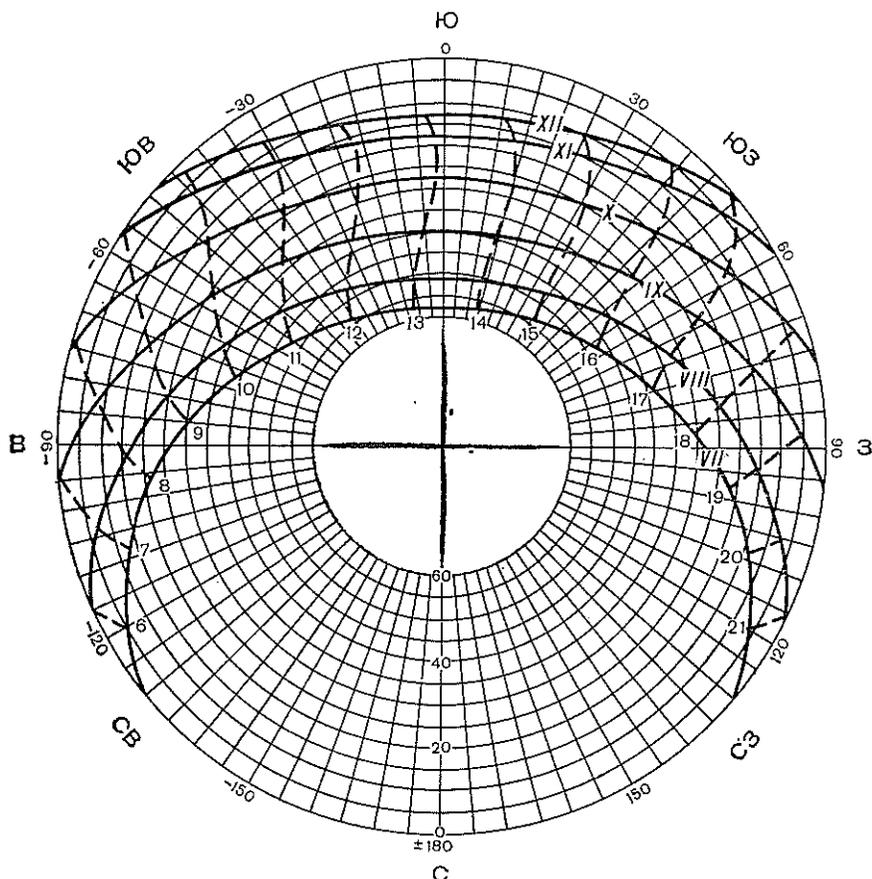


Рис. 2. Высота и азимут солнца в Гродно в июле—декабре.

других ориентаций можно получить по рис. 1 и 2. Для этого достаточно найти точки пересечения кривой данного месяца с диаметром, соответствующим расположению стены. Например, если азимут нормали к стене  $+20^{\circ}$  (от юга к западу), то солнечные лучи освещают ее в июле с 10,2 ч до 20,1 ч.

Все характеристики облучения и радиационного режима стен (табл. 2, 5, 6, 7) рассчитаны для условий, когда затенением стены близкими зданиями, деревьями и т. п. можно пренебречь.

Таблица 2

Начало и конец облучения стен прямой солнечной радиацией (ч мин)  
при безоблачном небе на 15-е число

Месяц	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
	Южная		Западная		Северная				Восточная	
I	9 34	17 34	13 34	17 34					9 34	13 34
II	8 44	18 34	13 39	18 34					8 44	13 39
III	7 40	19 28	13 34	19 28					7 40	13 34
IV	7 57	18 53	13 25	20 25	6 25	7 57	18 53	20 25	6 25	13 25
V	8 25	18 17	13 21	21 18	5 24	8 25	18 17	21 18	5 24	13 21
VI	8 46	18 04	13 25	21 56	4 54	8 46	18 04	21 56	4 54	13 25
VII	8 45	18 17	13 31	21 49	5 13	8 45	18 17	21 49	5 13	13 31
VIII	8 17	18 43	13 30	20 57	6 03	8 17	18 43	20 57	6 03	13 30
IX	7 30	19 10	13 20	19 43	6 57	7 30	19 10	19 43	6 57	13 20
X	7 51	18 31	13 11	18 31					7 51	13 11
XI	8 50	17 28	13 09	17 28					8 50	13 09
XII	9 36	17 04	13 20	17 04					9 36	13 20

## 2.2. Продолжительность солнечного сияния

Солнечное сияние — освещение земной поверхности *прямой солнечной радиацией*, т. е. параллельными лучами солнца. В соответствии со средним порогом чувствительности прибора, регистрирующего солнечное сияние, — гелиографа — продолжительностью солнечного сияния считают время с интенсивностью прямой радиации более  $0,2 \text{ кВт/м}^2$  (для поверхности, перпендикулярной солнечным лучам).

В табл. 3 дана средняя продолжительность солнечного сияния за каждый часовой промежуток, которую можно рассматривать и как вероятность солнечного сияния. С октября по февраль вероятность солнечного сияния в течение всего дня меньше 50 %, летом в околополуденные часы она составляет около 65 %.

Отношение продолжительности солнечного сияния за дополуденные часы к дневной сумме приведено ниже:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Отношение, % . . .	43	40	48	50	52	51	50	49	49	46	48	46

В табл. 4 приведена средняя месячная продолжительность солнечного сияния  $\tau$ , ее отношение к возможной  $\tau/\tau'$ , т. е. к продолжительности солнечного сияния при безоблачном небе, и число дней без солнца  $n$ .

Продолжительность солнечного сияния имеет хорошо выраженный годовой ход, обусловленный изменением продолжительности дня и количества облачности в течение года.

Часовая и суточная продолжительность (ч) солнечного сияния

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5—6					0,02	0,09	0,03					
6—7				0,01	0,24	0,34	0,28	0,07				
7—8			0,03	0,26	0,44	0,51	0,45	0,31	0,14			
8—9		0,00	0,23	0,40	0,54	0,59	0,53	0,46	0,39	0,08		
9—10	0,01	0,04	0,35	0,48	0,59	0,62	0,60	0,56	0,47	0,20	0,06	0,01
10—11	0,07	0,11	0,42	0,55	0,64	0,64	0,65	0,60	0,53	0,29	0,12	0,07
11—12	0,13	0,19	0,47	0,57	0,65	0,66	0,66	0,62	0,57	0,35	0,16	0,13
12—13	0,17	0,24	0,51	0,57	0,62	0,67	0,65	0,66	0,60	0,38	0,18	0,16
13—14	0,20	0,27	0,52	0,57	0,59	0,65	0,66	0,66	0,61	0,40	0,18	0,18
14—15	0,21	0,29	0,51	0,57	0,58	0,62	0,66	0,65	0,56	0,40	0,17	0,17
15—16	0,19	0,30	0,50	0,56	0,56	0,61	0,64	0,63	0,54	0,37	0,16	0,15
16—17	0,12	0,28	0,48	0,53	0,54	0,60	0,61	0,62	0,54	0,33	0,09	0,06
17—18	0,01	0,20	0,46	0,48	0,53	0,57	0,58	0,58	0,49	0,19	0,01	
18—19		0,02	0,26	0,42	0,48	0,53	0,55	0,50	0,32	0,01		
19—20			0,02	0,27	0,38	0,48	0,49	0,36	0,06			
20—21				0,01	0,16	0,38	0,31	0,07				
21—22					0,00	0,10	0,05					
Сутки	1,11	1,94	4,76	6,25	7,56	8,66	8,40	7,35	5,82	3,00	1,13	0,93

Таблица 4

Месячная продолжительность солнечного сияния  $\tau$  (ч),  
 ее отношение к возможной  $\tau/\tau'$  (%) и число дней без солнца  $n$

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\tau$ ч . . . . .	34	54	147	188	235	260	260	228	174	93	34	29	1736
$\tau/\tau'$ % . . . . .	15	21	42	47	50	53	53	53	48	30	14	14	41
$n$ . . . . .	20	14	8	4	2	2	1	2	3	10	21	21	108

Таблица 5

Возможная и действительная суточная продолжительность  
 солнечного сияния для стен разной ориентации

Ориентация стены	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
---------------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Возможная продолжительность, ч

Ю	8,0	9,8	11,8	10,9	9,9	9,3	9,6	10,4	11,7	10,7	8,6	7,5
ЮЗ, ЮВ	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,4	10,2	9,6	8,9	8,2	7,5	7,1
З, В	4,0	4,9	5,9	7,0	8,0	8,5	8,3	7,4	6,4	5,3	4,3	3,7
СЗ, СВ	0,7	1,9	3,2	4,7	5,9	6,7	6,4	5,3	3,9	2,5	1,1	0,4
С				3,1	6,0	7,7	7,1	4,5	1,1			

Действительная продолжительность, ч

Ю	1,1	1,9	4,8	5,7	5,7	5,8	6,0	6,3	5,7	3,0	1,1	0,9
ЮЗ	1,1	1,8	3,8	4,5	4,9	5,5	5,4	5,1	4,4	2,6	1,1	0,9
З	0,6	1,1	2,5	3,2	3,6	4,2	4,2	3,7	2,9	1,6	0,6	0,5
СЗ	0,04	0,3	1,2	1,8	2,4	3,1	3,0	2,3	1,5	0,5	0,1	0,02
С				0,6	1,8	2,8	2,4	1,1	0,1			
СВ	0,02	0,1	1,0	1,8	2,7	3,2	2,9	2,2	1,4	0,4	0,1	0,02
В	0,5	0,8	2,3	3,1	4,0	4,4	4,2	3,6	2,9	1,4	0,5	0,4
ЮВ	1,1	1,6	3,6	4,4	5,1	5,6	5,4	5,0	4,3	2,5	1,1	0,9

Отношение действительной к возможной, %

Ю	14	19	41	52	58	62	62	61	49	28	13	12
ЮЗ	15	23	44	48	49	53	53	53	49	32	15	13
З	15	22	42	46	45	49	51	50	45	30	14	14
СЗ	5	15	38	38	41	46	47	43	38	20	6	
С				19	30	36	35	24	5			
СВ	3	6	31	38	46	48	45	42	36	16	6	
В	12	16	39	44	50	52	51	49	45	26	14	11
ЮВ	15	20	42	47	51	54	53	52	48	30	15	13

Продолжительность солнечного сияния летом в Гродно на 6—10 % меньше, чем продолжительность в расположенных примерно на той же широте городах Новогрудке, Минске и Горках.

Это связано с увеличением облачности, особенно нижней, в районе Гродно.

Месячные суммы солнечного сияния значительно изменяются от года к году. В июне наблюдались суммы от 205 ч (75 % нормы) до 341 ч (131 %), в декабре — от 5 ч (17 % нормы) до 52 ч (180 %). Среднее квадратическое отклонение от нормы составляет в июне 38 ч (14 %), в декабре 16 ч (57 %).

В табл. 5 приведена возможная и средняя действительная продолжительность солнечного сияния для стен разной ориентации (вычислена по данным табл. 2 и 3, рис. 1 и 2).

### 2.3. Солнечная радиация

Основные характеристики радиационного режима получены расчетным путем. Для расчета использовались данные актинометрических станций Минск и Пинск и наблюдения за облачностью в Гродно.

В табл. 6 приведены средние суточные суммы солнечной радиации (энергетическое количество освещения) при безоблачном небе, выраженные в МДж/м<sup>2</sup>. При сравнении сумм радиации, выраженных в кал/см<sup>2</sup> и МДж/м<sup>2</sup>, надо использовать следующие соотношения:

$$1 \text{ кал/см}^2 = 0,0419 \text{ МДж/м}^2; \quad 1 \text{ ккал/см}^2 = 41,9 \text{ МДж/м}^2.$$

*Рассеянная радиация* — солнечная радиация, претерпевшая рассеяние в атмосфере, возникает при рассеянии солнечных лучей молекулами атмосферных газов и аэрозолями. Она поступает на земную поверхность со всего небосвода. *Суммарная радиация* на горизонтальную поверхность — это сумма прямой и рассеянной радиации. Суммарная радиация на стену включает прямую, рассеянную и отраженную радиацию и определяется по формуле

$$Q_{\text{ст}} = S_{\text{ст}} + k_D D + 0,5QA,$$

где  $D$  и  $Q$  — соответственно рассеянная и суммарная радиация на горизонтальную поверхность,  $k_D$  — среднее за месяц отношение рассеянной радиации, поступающей на стену, к рассеянной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, рассчитанное по теоретическому распределению яркости по безоблачному небу при разной высоте солнца;  $A$  — среднее за месяц значение альбедо, т. е. отношение радиации, отраженной поверхностью земли, к падающей на нее (суммарной) радиации.

Использовано альбедо площадки, покрытой в бесснежный период травой, а часть зимы — снегом:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A % . . . . .	64	61	43	19	19	20	20	20	21	22	31	52

Суточные суммы радиации (МДж/м<sup>2</sup>) при безоблачном небе

Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Горизонтальная поверхность												
Прямая	2,7	6,1	11,0	16,4	21,2	23,3	22,3	17,8	12,7	7,8	3,6	2,1
Рассеянная	1,7	2,6	3,7	4,8	5,6	5,9	5,6	5,1	3,7	2,4	1,6	1,2
Суммарная	4,4	8,7	14,7	21,2	26,8	29,2	27,9	22,9	16,4	10,2	5,2	3,3
Южная стена												
Прямая	11,9	16,3	16,7	13,7	11,0	9,3	10,0	11,9	14,8	16,4	13,6	11,7
Суммарная	15,4	21,8	23,6	19,6	17,5	16,0	16,7	18,1	20,3	19,9	16,3	14,0
Юго-западная и юго-восточная стены												
Прямая	8,5	11,9	13,5	13,3	12,5	11,4	11,8	12,3	12,7	12,5	9,8	8,3
Суммарная	11,5	16,9	19,8	18,8	18,8	18,0	18,4	18,2	17,7	15,6	12,0	10,3
Западная и восточная стены												
Прямая	2,5	5,0	7,4	9,3	11,0	11,4	11,4	9,6	7,7	5,8	3,3	2,3
Суммарная	5,1	9,5	13,2	14,5	17,2	18,0	17,8	15,3	12,4	8,6	5,2	4,0
Северо-западная и северо-восточная стены												
Прямая	0,0	0,5	1,8	3,6	5,7	6,8	6,5	4,3	2,3	0,9	0,1	0,0
Суммарная	2,5	4,8	7,2	8,4	11,6	12,9	12,4	9,5	6,5	3,4	1,8	1,6
Северная стена												
Прямая				0,3	1,7	2,6	2,5	0,7				
Суммарная				4,7	7,2	8,4	8,0	5,6				

Месячные и годовые суммы радиации (МДж/м<sup>2</sup>) при действительных условиях облачности

Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Горизонтальная поверхность													
Прямая	17	33	121	163	239	289	276	222	142	54	17	8	1581
Рассеянная	54	101	172	222	301	314	314	247	176	122	46	38	2107
Суммарная	71	134	293	385	540	603	590	469	318	176	63	46	3688
Поглощенная	26	52	167	312	437	482	472	375	251	137	43	22	2776
Южная стена													
Прямая	73	84	179	137	127	116	124	155	166	110	62	41	1374
Суммарная	126	180	337	287	328	333	340	328	291	189	95	74	2908
Юго-западная стена													
Прямая	54	65	148	122	124	130	135	142	138	84	45	30	1217
Суммарная	106	160	304	270	325	347	351	313	261	162	78	62	2739
Западная стена													
Прямая	16	25	79	85	105	127	124	107	82	37	15	8	810
Суммарная	67	118	231	231	306	344	340	275	203	113	47	39	2314

Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Северо-западная стена													
Прямая	0,3	2	17	31	53	75	69	47	23	5	0,5	0	323
Суммарная	50	92	166	175	251	289	282	213	140	80	32	30	1800
Северная стена													
Прямая				3	14	32	25	7					81
Суммарная	49	89	146	144	209	242	234	173	116	75	31	30	1538
Северо-восточная стена													
Прямая	0	2	15	33	65	92	80	51	23	4	0,5	0	366
Суммарная	49	92	164	177	260	306	290	219	140	79	32	30	1838
Восточная стена													
Прямая	13	20	70	91	131	156	144	122	84	33	13	7	884
Суммарная	63	111	221	237	329	373	357	293	203	109	45	38	2379
Юго-восточная стена													
Прямая	50	58	137	130	148	153	155	162	141	79	42	28	1283
Суммарная	102	152	291	278	349	370	371	333	264	157	74	60	2801

В табл. 7 приведены средние месячные суммы радиации при действительных условиях облачности. Из-за различий в облачном режиме годовой приход суммарной радиации в Гродно на 7 % ниже, чем в Новогрудке и на 1 % ниже, чем в Минске. Примерно такое же различие наблюдается в месячных суммах за теплое полугодие. Годовая сумма прямой радиации в Гродно почти на 20 % ниже, чем в Новогрудке и Минске.

Поглощенная поверхность земли солнечная радиация  $Q_{\text{погл}}$  вычислена по следующей формуле:

$$Q_{\text{погл}} = Q(1 - A).$$

По этой формуле можно вычислить суммарную радиацию, поглощенную поверхностью земли с искусственным покрытием, плоской крышей или стеной. При этом значение  $Q$  для горизонтальной поверхности или стены заданной ориентации берется из табл. 7, а альbedo  $A$  — из табл. 8.

Таблица 8

Среднее альbedo  $A$  разных покрытий

Поверхность	A %	Поверхность	A %
Асфальт темный	10—20	Мрамор темный	30
светло-серый	25—30	белый	60
Гравий	13	Кирпич	
Щебеночное покрытие	18	обыкновенный крас-	25—30
Бетон, покрытый штука-		ный	
туркой		силикатный белый	45—55
белой	70	Черепица красная	35—45
светло-голубой	45	Железо кровельное оцин-	
темно-серой	30	кованное	
Бетон, окрашенный це-		новое	32
ментной краской		тусклое	24
светло-зеленой	35	Рубероид светлый	28
голубой	38	черный	14
розовой	44	Толь	20
Гранит светло-серый	35—40	Дерево некрашеное жел-	40
		тое	

В городе часть радиации, приходящей к стенам зданий, после отражения от них не возвращается в атмосферу, а падает на землю или соседние здания, из-за чего увеличивается доля поглощенной радиации. Поэтому альbedo городской застройки меньше, чем среднее альbedo поверхностей зданий и земли между ними, и в бесснежный период составляет примерно 15—17 %.

Прямая и суммарная радиация, поступающая к стенам при действительных условиях облачности, вычислялась таким же образом, как для безоблачного неба.

Чтобы получить суточную или месячную сумму прямой радиации на наклонную поверхность (склон) при действительных условиях облачности, надо сумму прямой радиации на горизонтальную поверхность  $S'$  умножить на коэффициент  $k_S$  из табл. 9.

Таблица 9

Значения коэффициента  $k_S = S_{\text{скл}}/S'$  для склонов с разным углом наклона  $\alpha$

$\alpha^\circ$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
----------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Южный склон

5	1,35	1,24	1,15	1,07	1,03	1,02	1,02	1,05	1,11	1,19	1,34	1,50
10	2,03	1,47	1,28	1,13	1,05	1,01	1,03	1,10	1,18	1,40	1,66	2,28
20	2,65	1,99	1,50	1,24	1,13	1,05	1,07	1,18	1,37	1,69	2,27	3,15

Северный склон

5	0,56	0,76	0,85	0,92	0,96	0,98	0,97	0,94	0,89	0,81	0,67	0,52
10	0,22	0,50	0,70	0,82	0,89	0,92	0,90	0,88	0,76	0,60	0,30	0,15
20		0,07	0,37	0,64	0,77	0,82	0,81	0,71	0,51	0,21		

Западный склон

5	1,02	1,02	1,01	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,01	1,03	1,03
10	1,03	1,03	1,01	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	1,00	1,01	1,04	1,06
20	1,07	1,00	0,99	0,94	0,94	0,93	0,92	0,94	0,94	0,98	1,05	1,15

Восточный склон

5	0,99	0,99	0,98	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	0,99	0,99	0,98	0,98
10	0,98	0,98	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94
20	0,97	0,97	0,94	0,97	0,97	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,93

Суммарную радиацию на склон можно вычислить по формуле

$$Q_{\text{скл}} = S'k_S + (Q - S') \cos^2 \frac{\alpha}{2} + QA \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Значения прямой  $S'$  и суммарной  $Q$  радиации на горизонтальную поверхность можно взять из табл. 7;  $A$  — альbedo площадки, прилегающей к склону. Для наклона  $5^\circ$  можно принять  $\cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1,00$  и  $\sin^2 \frac{\alpha}{2} = 0$ , для  $10^\circ$  — соответственно 0,99 и 0,01, для  $20^\circ$  — 0,97 и 0,03.

Наибольшее количество прямой радиации поступает на южный склон при следующих углах наклона:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\alpha^\circ$ . . . . .	77	60	56	43	25	18	20	30	50	65	75	79

В табл. 10 приведены суммы фотосинтетически активной радиации (ФАР) — энергии солнечных лучей с длиной волны

Таблица 10

Суммы фотосинтетически активной радиации (МДж/м<sup>2</sup>)

Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Сумма за вегетационный период	
														t > 5 °C	t > 10 °C
Прямая на горизонтальную поверхность	6	14	52	72	105	130	121	98	62	23	7	3	693	594	524
Рассеянная	32	61	105	135	184	192	192	151	107	74	28	23	1284	989	830
Суммарная	38	75	157	207	289	322	313	249	169	97	35	26	1977	1583	1354

Таблица 11

## Средняя освещенность (клк) горизонтальной поверхности

Время, ч	Освещенность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
8	Суммарная				9	20	23	19	11	5			
	Рассеянная				7	12	13	12	8	4			
11	Суммарная	5	12	27	38	52	56	52	42	31	16	6	4
	Рассеянная	5	10	17	22	26	25	25	22	16	11	5	3
14	Суммарная	12	22	39	45	55	58	56	46	38	23	10	8
	Рассеянная	9	16	21	26	28	29	30	26	19	15	8	6
17	Суммарная	2	8	20	27	35	41	39	29	20	7	2	
	Рассеянная	2	7	12	16	20	22	21	19	12	6	2	
20	Суммарная				3	6	11	10	4				
	Рассеянная				3	5	8	7	4				

от 0,38 до 0,71 мкм. Это участок солнечного спектра, используемый листьями растений для фотосинтеза. Помимо годовой суммы ФАР подсчитаны суммы за вегетационный период (средняя суточная температура выше 5°C) и период активной вегетации (средняя суточная температура выше 10°C).

#### 2.4. Естественная освещенность

Средняя освещенность открытой горизонтальной площадки приведена в табл. 11. По табл. 3 и 4 Приложения, заимствованным из «Таблиц для расчета природной освещенности и видимости» В. В. Шаронова, приближенно можно определить фактическую освещенность при разных условиях. Под рубрикой «Солнце» дана суммарная освещенность при солнце, не закрытом облаками, под рубрикой «Тень» — рассеянная освещенность, т. е. солнце затенено достаточно плотным облаком. Для полупрозрачных форм облаков даются рубрики «Солнце чисто» и «Солнце в облаках». В последнем случае прямой солнечный свет не устраняется полностью, но значительно ослабляется.

Для пользования таблицами необходимо знать высоту солнца в данный момент. Ее можно либо измерить непосредственно ( $\operatorname{tg} h_{\odot}$  равен отношению высоты предмета к длине его

Таблица 12

Определение сумеречной освещенности по глубине или времени погружения солнца

Месяц	Глубина погружения солнца, °				
	0	2	4	6	8
	Время после захода или перед восходом, ч мин				
I		0 09	0 25	0 41	0 56
II		0 08	0 22	0 36	0 50
III		0 07	0 21	0 35	0 48
IV		0 08	0 23	0 37	0 52
V		0 09	0 27	0 45	1 04
VI		0 11	0 31	0 53	1 18
VII		0 10	0 29	0 49	1 11
VIII		0 09	0 24	0 40	0 57
IX		0 07	0 21	0 35	0 49
X		0 08	0 22	0 35	0 49
XI		0 09	0 24	0 39	0 53
XII		0 10	0 27	0 43	0 59
	Освещенность, лк				
Безоблачно	610	180	23	1,9	0,23
Облачное небо					
минимум	53	11	1,4	0,2	0,03
максимум	620	200	35	3,5	0,4

тени на горизонтальной плоскости), либо определить по графикам рис. 1 и 2.

Как видно из таблиц, для одной и той же высоты солнца освещенность при снежном покрове больше, особенно при наличии облаков. Это вызвано увеличением альбедо и многократным отражением света от поверхности снега и от нижней поверхности облаков.

Фактическая освещенность при данных условиях может существенно отличаться от вероятных значений, указанных в таблицах. Среднее квадратическое отклонение освещенности при ясном небе от приведенных в табл. 3 и 4 Приложения значений составляет 10 % без снежного покрова и 30 % при снеге. При слоистых облаках в  $\frac{2}{3}$  случаев отклонение превышает 40 %.

Сумеречную освещенность можно оценить по табл. 12. При этом сначала по табл. 1 (см. п. 2.1) определяют время от данного момента до восхода (утром) или от захода до данного момента (вечером). Затем из табл. 12 для данного месяца выбирают значения, ближайšie к определенному по табл. 1, и внизу в тех же столбцах находят соответствующие значения освещенности. Результат уточняется интерполяцией.

### 3. АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

#### 3.1. Особенности циркуляции

Климат Гродно, как и климат всей Белоруссии, обусловлен не только географическим положением его в умеренных широтах, но и характерной для него атмосферной циркуляцией: значительным влиянием морских воздушных масс, перемещающихся с Атлантического океана. Этот перенос осуществляется вследствие деятельности циклонов, смещающихся сериями, и антициклонов или гребней высокого давления, формирующихся в тылу каждого циклона. В табл. 13 указано относительное число дней за 6 лет (%), в которые погода в Гродно определялась влиянием определенного вида циклонов или антициклонов. Циклоническая форма циркуляции преобладает над антициклонической во все сезоны года.

Таблица 13

Повторяемость (%) разных форм барических образований

Образования	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Циклоны	57	60	62	57	59
стационарные	4	5	10	3	6
западные	17	10	14	18	15
северо-западные (скандинавские)	27	18	14	22	20
юго-западные, южные (средиземноморские)	7	20	18	11	14
черноморские	2	7	6	3	4
Антициклоны	43	40	38	43	41
стационарные	4	8	6	5	6
отрог азорского	12	10	20	13	14
восточные	15	10	1	10	9
скандинавские	11	12	11	15	12
ультраполярные вхождения	1	0,5	—	—	0,4

На погоду Гродно чаще влияют периферийные части циклонов и антициклонов. В среднем за год (с 1972 по 1977 гг.) в Гродно циклонические процессы наблюдались 214 дней, антициклонические — 151 день, но непосредственно проходило или оформилось в районе Гродно 24 циклона и 16 антициклонов. Циклоны, перемещающиеся с запада на восток и приносящие

с собой морской воздух с Атлантики, в холодное время года вызывают потепление, а в теплое полугодие обуславливают прохладную дождливую погоду. В большинстве случаев циклоны, перемещаясь на восток, заполняются или не меняют своей интенсивности, и лишь некоторые, проходя над Белоруссией, углубляются. Иногда циклоны, заполняясь, становятся мало-подвижными, и тогда в течение двух-трех дней в Гродно зимой

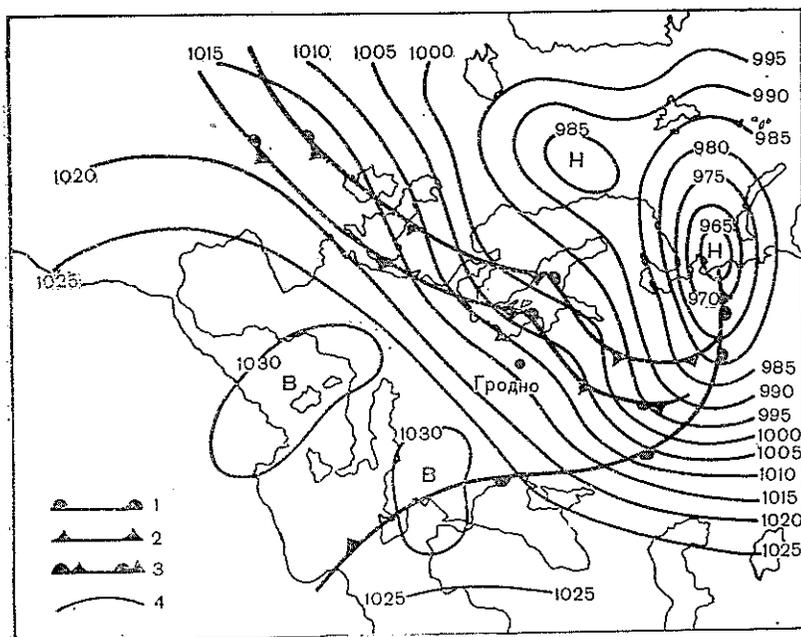


Рис. 3. Карта погоды за 29 декабря 1975 г. (вынос теплых масс воздуха с Атлантики).

1 — теплый фронт; 2 — холодный фронт; 3 — фронт окклюзии; 4 — линии одинакового давления (изобары).

наблюдается пасмурная погода с небольшими морозами и слабыми осадками, летом же холодная дождливая погода по мере прогревания воздуха сменяется теплой с кратковременными дождями и грозами.

Зимой район Гродно находится преимущественно под влиянием северо-западных и западных циклонов. В связи с этим преобладает западный и юго-западный перенос теплого и влажного воздуха. Длительное потепление с оттепелью наблюдается, когда над севером Западной Европы располагается обширная область низкого давления, а над югом Европы — область повышенного давления или отрог азорского антициклона. Мощными западными потоками воздух с Атлантики выносится на территорию Белоруссии (рис. 3). Распространение теплых воз-

душных масс происходит также в том случае, если над Западной Европой развивается циклоническая деятельность, а юго-восток Европейской территории Советского Союза (ЕТС) занят обширной областью высокого давления или отрогом сибирского антициклона. Вынос теплого воздуха на территорию БССР происходит с юга и юго-запада, обуславливая пасмурную с морозящими осадками, туманами и гололедами погоду (рис. 4).

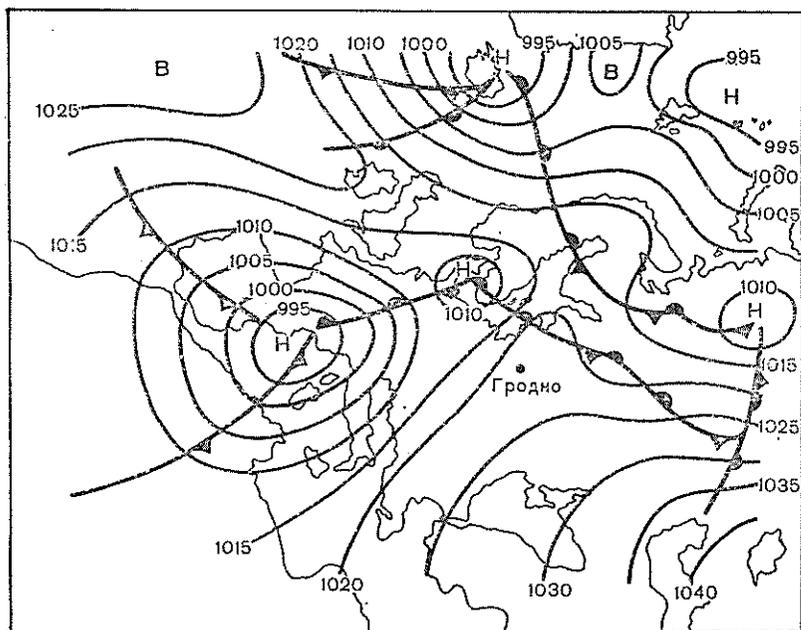


Рис. 4. Карта погоды за 25 декабря 1973 г. (вынос теплого воздуха с юга).

Усл. обозн. см. рис. 3.

Наиболее интенсивные оттепели, значительные осадки, метели, гололеды наблюдаются при выходе на Белоруссию южных и юго-западных циклонов, приносящих в теплых секторах морской тропический воздух Средиземного моря. Несколько реже происходит вынос тепла на БССР с северо-запада. В этом случае по периферии антициклона, занимающего Западную Европу, циклоны с севера Атлантики «ныряют» на юго-восток ЕТС. Такие циклоны вызывают в районе Гродно кратковременное потепление, которое после прохождения циклона сменяется резким похолоданием.

Вторжение наиболее холодной воздушной массы — арктического воздуха происходит в тылу циклонов и в передней части антициклонов. Характерным для зимы является воздействие

антициклона с центром над востоком ЕТС или отрога сибирского антициклона. Довольно редко район Гродно оказывается под влиянием антициклонов, смещающихся с Карского и Баренцева морей в юго-западном направлении. Эти антициклоны формируются в холодном сухом воздухе и обычно приносят малооблачную морозную погоду, причем наиболее сильные морозы наблюдаются не в начале вторжения, а на второй-третий

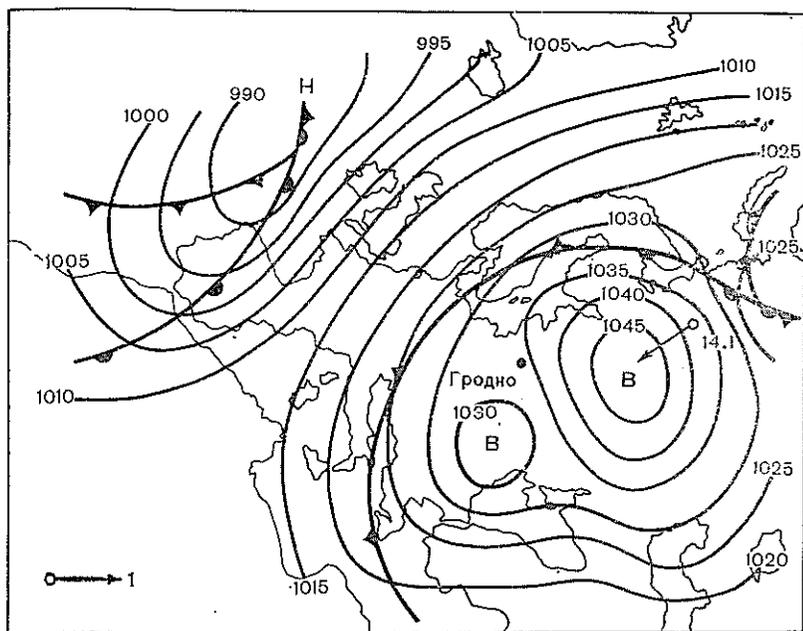


Рис. 5. Карта погоды за 15 января 1972 г. (вторжение арктического воздуха с северо-востока).

1 — перемещение центра антициклона.

день при последующем радиационном выхолаживании. Температура воздуха в этих случаях может понижаться до  $-27... -30^{\circ}\text{C}$  (рис. 5).

Весной увеличивается повторяемость юго-западных и южных циклонов, с которыми связан длительный вынос теплых масс воздуха со Средиземного моря, что является первым признаком начала весны. Теплая погода нередко сменяется похолоданиями и заморозками. Похолодание обычно связано вторжением арктического воздуха в тыловую часть циклонов или с антициклонами арктического происхождения. В первом случае с районов Норвежского моря поступает холодный влажный воздух, что обуславливает кратковременные осадки в виде мокрого снега. Во втором случае по восточной периферии сканди-

навского антициклона поступает более сухой холодный воздух. После его дополнительного ночного выхолаживания в утренние часы могут возникать заморозки. Особенно резкими бывают возвраты холодов в мае на фоне уже довольно теплой погоды. Наиболее сильные заморозки в Гродно наблюдаются при ультраполярных вторжениях (рис. 6). Для поступающего с северо-востока воздуха характерны низкие температуры и малое вла-

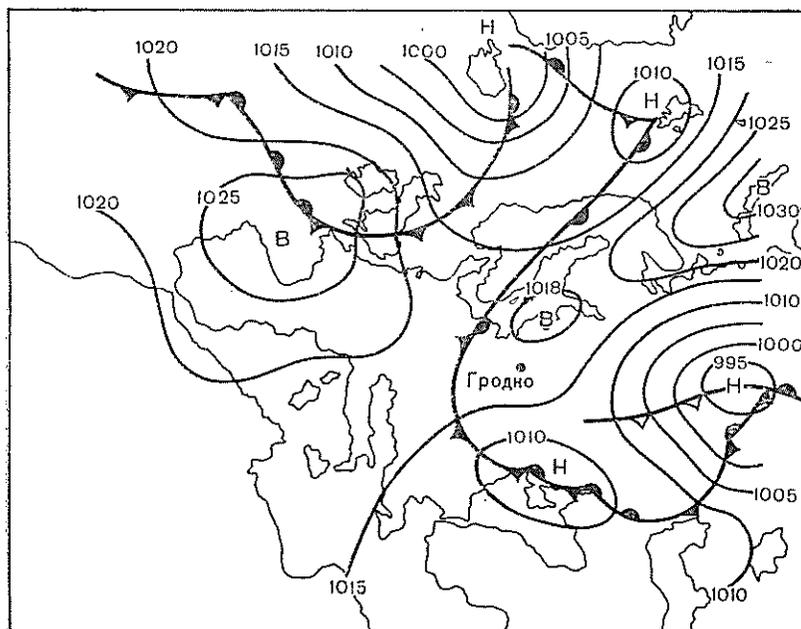


Рис. 6. Карта погоды за 21 мая 1974 г. (ультраполярное вторжение, вызвавшее заморозки).

Усл. обозн. см. рис. 3.

госодержание, поэтому преобладает ясная погода, что создает условия для дополнительного радиационного выхолаживания поверхности почвы и приземного слоя воздуха в ночное время.

*Летом* повторяемость циклонической деятельности увеличивается. Преобладающей воздушной массой над территорией Белоруссии в теплый период, как и в холодное время года, является морской воздух с Атлантического океана, отличающийся большими запасами влаги, поэтому часто наблюдается значительная облачность и осадки. Увеличивается повторяемость стационарных циклонов, с которыми связаны продолжительные дожди. Сильные ливневые дожди с грозами и иногда с градом бывают на медленно смещающихся холодных фронтах с волнами и при выходе южных циклонов (рис. 7). Значительные дожди могут выпадать и в размытых областях пониженного

давления, где располагается слабо выраженный мало подвижный фронт, который в дневные часы обостряется и дает ливни и грозы. Осадки внутримассового (конвективного) происхождения в Гродно выпадают реже, чем фронтальные. Летом увеличивается влияние на погоду Гродно отрога азорского антициклона, обуславливающего сухую теплую погоду. Высокие температуры воздуха наблюдаются чаще в малоградиентных обла-

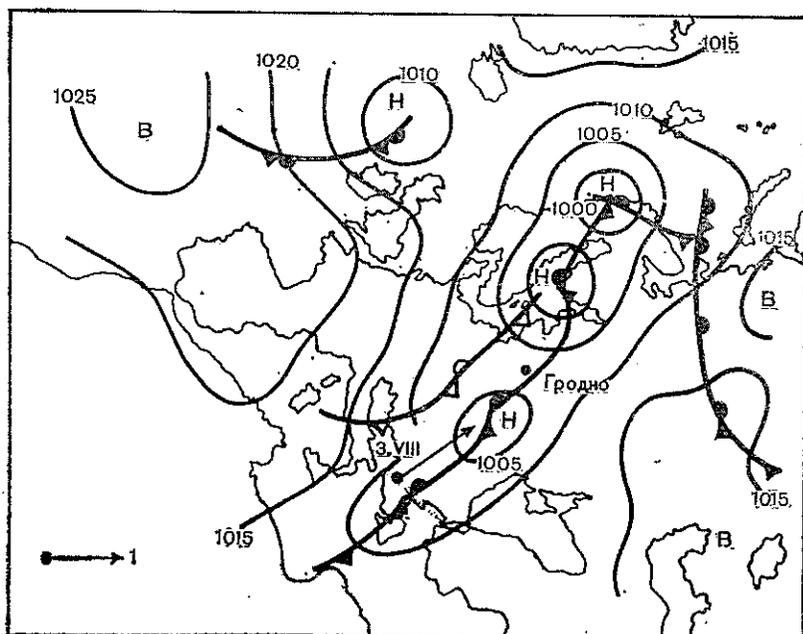


Рис. 7. Карта погоды за 4 августа 1972 г. (выход южного циклона).

1 — перемещение центра циклона.

стях повышенного давления, сформированных в теплом сухом воздухе. Жаркую погоду вызывают и южные циклоны, в теплых секторах которых выносятся тропический воздух. Максимальная температура воздуха в этих случаях может достигать 30—34 °С (рис. 8).

Осенью как и зимой, большую повторяемость имеют северозападные и западные циклоны. В этот период преобладает пасмурная с осадками погода. Наиболее интенсивные дожди выпадают при выходе циклонов со Средиземного и Черного морей, однако повторяемость их невелика. Бывают осенью в Гродно теплые солнечные дни. Такая погода связана с выносом теплых воздушных масс с юга по западной периферии антициклона, расположенного на юго-востоке ЕТС, или с влиянием отрога азорского антициклона. Неблагоприятное явление представляют

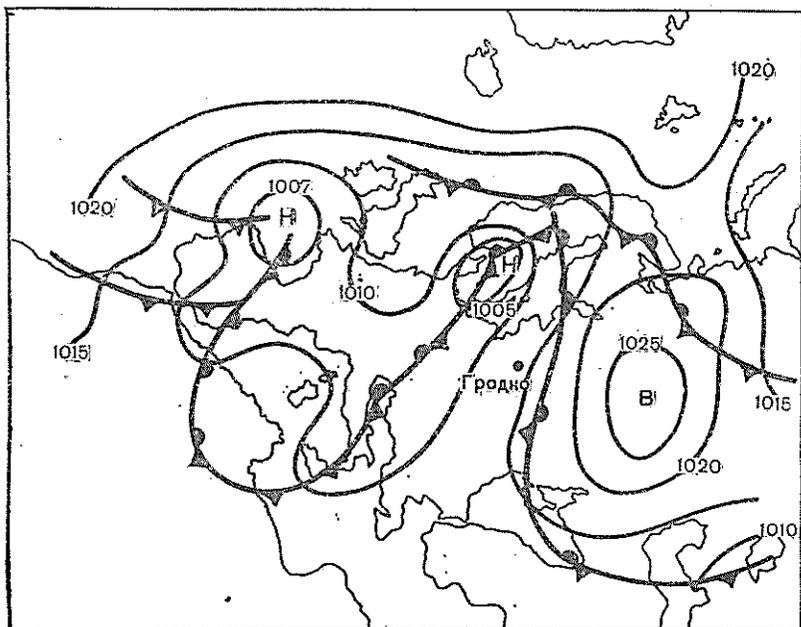


Рис. 8. Карта погоды за 13 июня 1972 г. (вынос тропического воздуха, обусловивший жаркую погоду).  
Усл. обозн. см. рис. 3.

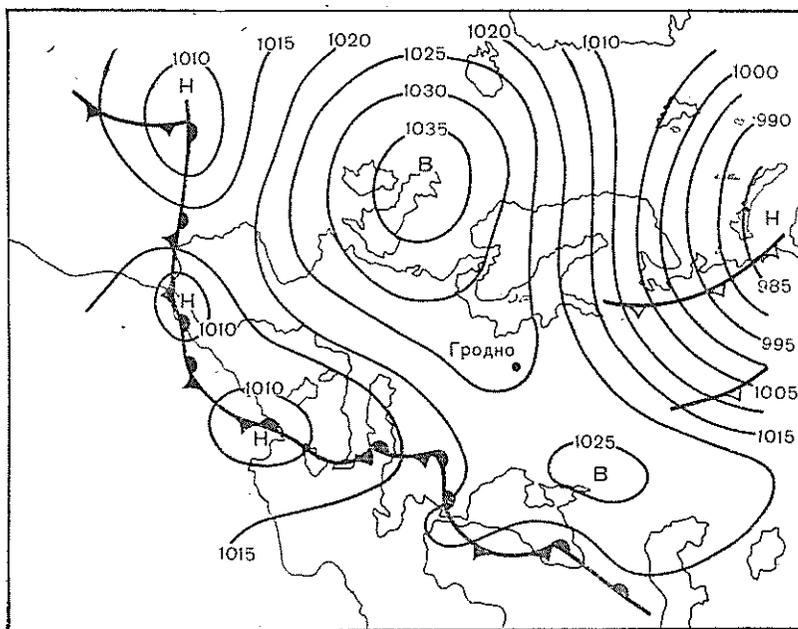


Рис. 9. Карта погоды за 19 сентября 1977 г. (вторжение арктического воздуха с северо-запада, вызвавшее заморозки).

ранние осенние заморозки, обусловленные вторжением холодного арктического воздуха с Норвежского моря и дополнительным радиационным выхолаживанием его ночью при антициклональном режиме погоды (рис. 9).

В целом в течение года в районе Гродно погода формируется под влиянием смены воздушных масс, значительно отличающихся по своим характеристикам, что и определяет большое разнообразие типов погоды (табл. 14).

Таблица 14

Типы погоды в зимнем (декабрь—февраль) и летнем (июнь—август) сезонах

Тип погоды	Перенос воздушных масс	Повторяемость, %	Преобладающие характеристики в 15 ч	
			Температура, °С	Угругость водного пара, г/га

Зимний сезон

Относительно теплая, влажная	С Атлантики через Западную Европу и Балтийское море	53	От 0 до +6	5—7
	Со Средиземного моря через Балканский полуостров и Черное море	23		
	Слабоградиентные барические поля	24		
Умеренно холодная, умеренно влажная	Из центральных и северо-западных районов Западной Европы	31	От -6 до -1	3—4
	Из северных и северо-западных районов ЕТС	16		
	Из южных районов ЕТС	9		
Холодная, относительно сухая	Слабоградиентные барические поля	44	От -16 до -7	2
	Из юго-восточных районов ЕТС	33		
	Из северо-восточных районов ЕТС	18		
	Из центральных районов Западной Европы	10		
Очень холодная, сухая	Слабоградиентные барические поля	39	От -20 до -17	1
	Из северо-восточных и центральных районов ЕТС	60		
	Слабоградиентные барические поля	40		

Тип погоды	Перенос воздушных масс	Повторяемость, %	Преобладающие характеристики в 15 ч	
			Температура, °С	Относительная влажность, %

### Летний сезон

Очень теплая, сухая	Из центральных и южных районов ЕТС	11	От 25 до 30	30—50
	Из южных и центральных районов Западной Европы	7		
	СлабоградIENTные барические поля	82		
Умеренно теплая, умеренно влажная	Из центральных и южных районов Западной Европы	24	От 19 до 24	60—70
	Из южных и центральных районов ЕТС	8		
	С Балтийского моря СлабоградIENTные барические поля	4 64		
Прохладная, влажная	С Атлантики и Балтийского моря	32	От 12 до 18	70—90
	Из северо-восточных районов ЕТС	14		
	Из юго-восточных районов Западной Европы	13		
	СлабоградIENTные барические поля	41		

### 3.2. Атмосферное давление

Давление воздуха является основным фактором, определяющим направление и скорость движения воздушных потоков (ветер). Наблюдения на метеостанциях производятся по ртутному барометру. Единица давления в системе СИ — паскаль. Ее соотношение с внесистемными единицами следующее: 1 гПа = = 1 мбар = 0,75 мм рт. ст.

На практике используют данные по давлению как на высоте установки барометра, так и приведенные к уровню моря (табл. 15). Последние нужны в тех случаях, когда рассматривается распределение давления в горизонтальной плоскости. При переходе от уровня станции к другому уровню в пределах города или вблизи его можно применять следующие данные:

Температура, °С . . . . .	—20	0	20
Изменение давления на 10 м высоты, гПа . . . . .	1,35	1,25	1,16

Средние значения и абсолютные экстремумы атмосферного давления  $p$  (гПа)

Месяц	На уровне станции					На уровне моря $p_{\text{ср}}$
	$p_{\text{ср}}$	$p_{\text{макс}}$	год	$p_{\text{мин}}$	год	
I	1002,0	1034,7	1946	955,5	1955	1017,7
II	1000,1	1030,8	1959	956,2	1962	1015,7
III	1001,8	1031,2	1972	962,0	1956	1017,3
IV	999,8	1023,3	1947	973,1	1949	1014,8
V	1000,8	1016,8	1945	974,1	1962	1015,4
VI	1000,2	1016,0	1950	980,2	1945	1014,7
VII	999,3	1015,2	1948	980,1	1970	1013,7
VIII	999,9	1016,3	1966	974,9	1948	1014,3
IX	1001,8	1020,9	1960	978,3	1957	1016,5
X	1003,3	1027,9	1964	968,5	1956	1018,4
XI	1001,1	1030,9	1958	963,8	1973	1016,4
XII	1000,1	1034,9	1946	956,2	1957	1015,7
Год	1000,8	1034,9	1946	955,5	1955	1015,8

Как видно из табл. 15, среднее давление в Гродно несколько уменьшается летом и увеличивается зимой и осенью; годовая амплитуда мала (4 гПа).

Средние годовые значения давления достаточно устойчивы: наиболее высокое давление составило 1003,6 гПа (1953 г.), а наиболее низкое — 997,9 гПа (1962 г.). Более значительны изменения от года к году средних месячных значений давления. Амплитуда колебаний в холодный период больше, чем в теплый. Насколько могут изменяться средние месячные значения давления, хорошо видно по разностям  $A_p$  между наибольшими и наименьшими средними месячными значениями:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI
$A_p$ гПа . . . . .	21,8	23,3	16,6	10,6	10,8	6,8
Месяц . . . . .	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$A_p$ гПа . . . . .	9,2	10,1	14,0	21,4	19,0	24,9

Об экстремальных значениях давления в Гродно можно судить по абсолютным максимумам и минимумам, выбранным из наблюдений в отдельные сроки за период 1945—1975 гг. (см. табл. 15). Наиболее высокое давление наблюдается зимой в стационарных антициклонах, наиболее низкое — зимой при прохождении центральных частей глубоких циклонов. Наибольшая

разность между максимумом и минимумом давления наблюдается в январе (79,2 гПа), наименьшая — в июле (35,1 гПа).

Междусуточное изменение давления в среднем небольшое (2—3 гПа), но при активной циклонической деятельности может достигать 10—20 гПа в теплое полугодие и 25—30 гПа в холодное. Такие изменения давления неблагоприятны для здоровья людей, особенно страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями.

### 3.3. Ветер

Ветер характеризуется скоростью, измеряемой в метрах в секунду, и направлением, откуда дует ветер. Характеристики ветра в Гродно получены на основе наблюдений по флюгеру, установленному на высоте 12 м.

Общая циркуляция атмосферы обуславливает преобладание в Гродно ветра западной четверти горизонта (табл. 16). Западное направление ветра сохраняется и по сезонам. Однако бывают годы, когда наибольшую повторяемость имеют ветры северных и северо-восточных направлений. Так, в августе 1947 г. повторяемость северного ветра составила 37 %, тогда как западный ветер отмечался в 13 % случаев. В феврале 1954 г. преобладающими были ветры восточных направлений (в 2 % случаев), а повторяемость юго-западных, западных и северо-западных ветров, вместе взятых, в сумме составила лишь 7 %. Для преобладающих направлений в отдельные годы возможны отклонения от средней многолетней за год на 2—3 %, в редких случаях до 7 %.

Суточный ход направления ветра незначительный: по данным наблюдений за четыре срока практически не проявляется. Хорошо выражен суточный ход повторяемости штилей: максимум их наблюдается ночью, а минимум — днем (табл. 17).

Наглядное представление о характере распределения ветра дают розы ветров, построенные по сезонам и в целом за год (рис. 10).

На рис. 11 изображен годовой ход скорости ветра, а в табл. 18 приведены характеристики скорости ветра.

Изменение скорости ветра в течение года связано с годовым ходом интенсивности атмосферной циркуляции. В холодный период вследствие усиленной циклонической деятельности скорость ветра больше, чем в теплый. Изменчивость средних месячных значений скорости ветра также больше в холодное полугодие. Средние годовые значения скорости ветра колеблются в сравнительно узких пределах. Отклонения от средней многолетней в отдельные годы не превышают 0,8 м/с. Максимальное значение средней годовой скорости наблюдалось в 1973 г. (4,6 м/с), минимальное — в 1960 и 1972 гг. (3,1 м/с).

Таблица 16

Повторяемость (%) направлений ветра (по отношению ко всем случаям с ветром) и штилей (по отношению ко всем наблюдениям)

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	9	7	7	12	13	24	18	10	8
II	9	7	13	13	10	18	19	11	9
III	10	8	15	17	7	14	17	12	6
IV	13	7	10	15	13	14	15	13	8
V	16	11	12	13	8	10	15	15	9
VI	16	7	8	10	8	11	19	21	10
VII	14	8	7	7	7	17	21	19	11
VIII	12	7	8	8	9	18	22	16	14
IX	8	3	7	13	10	22	24	13	15
X	6	5	9	14	13	21	20	12	12
XI	5	4	15	24	13	18	14	7	8
XII	7	4	11	17	14	24	17	6	9
Год	10	7	10	14	11	18	18	12	10

Таблица 17

Повторяемость (%) направлений ветра и штилей в разные часы суток

	Время, ч	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Зима	2	8	6	10	14	12	24	17	9	11
	8	8	6	10	14	13	23	18	8	9
	14	8	5	11	14	12	21	20	9	5
	20	8	7	10	15	12	21	19	8	8
Весна	2	14	9	13	15	10	12	14	13	17
	8	11	10	13	15	8	15	16	12	8
	14	12	6	13	16	10	13	17	13	2
	20	14	9	13	15	9	10	16	14	5
Лето	2	15	9	8	6	9	15	17	21	27
	8	12	8	10	9	9	17	19	16	8
	14	12	6	7	10	9	16	24	16	2
	20	18	6	8	9	6	12	21	20	8
Осень	2	7	3	10	16	12	22	20	10	19
	8	6	5	11	17	12	21	18	10	11
	14	7	4	10	17	13	19	19	11	3
	20	7	4	11	18	11	19	20	10	12
Год	2	11	7	10	13	11	18	17	13	18
	8	9	7	10	14	10	19	18	12	9
	14	10	5	10	14	11	17	20	13	3
	20	12	6	10	14	10	16	19	13	8

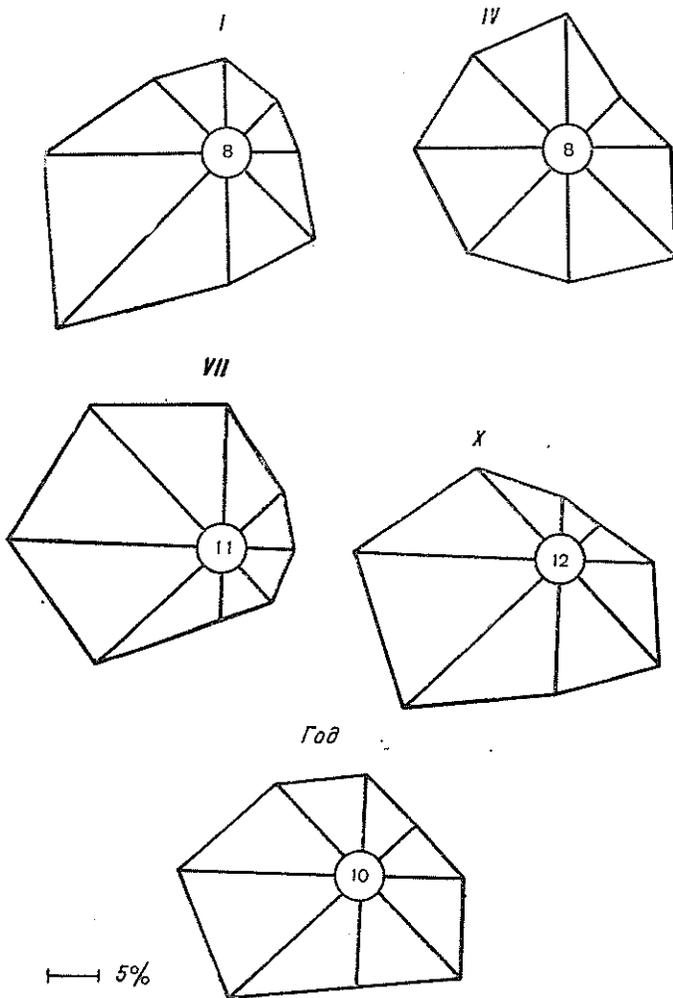


Рис. 10. Повторяемость (%) направлений ветра в центральные месяцы сезонов и за год.  
 В кружке — повторяемость (%) штелей.

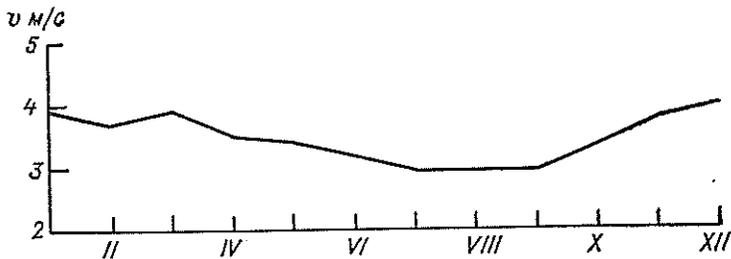


Рис. 11. Годовой ход средней скорости ветра.

Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средней месячной и годовой скорости ветра (м/с) и ее средние квадратические отклонения  $\sigma$

Таблица 18

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$v_{\text{ср}}$	3,9	3,7	3,9	3,5	3,4	3,1	2,9	2,9	2,9	3,3	3,7	3,9	3,4
$v_{\text{макс}}$	5,4	6,4	5,5	5,3	4,1	4,7	4,9	4,4	4,7	5,9	7,0	7,6	4,6
$v_{\text{мин}}$	2,6	2,6	2,9	2,8	2,5	2,4	2,0	2,1	1,6	1,8	2,6	2,8	3,1
$\sigma$	0,7	0,9	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,7	0,8	1,0	0,9	0,4

Повторяемость (%) скорости ветра по градациям

Таблица 19

Месяц	Скорость ветра, м/с										
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	
I	15,3	33,0	27,4	13,7	4,8	2,0	3,2	0,2	0,3	0,1	
II	17,3	30,8	26,2	13,0	6,6	3,0	1,8	0,7	0,3	0,3	
III	15,4	31,4	29,7	12,7	5,2	3,0	1,9	0,4	0,2	0,1	
IV	19,1	36,2	25,9	11,4	4,2	1,8	0,8	0,6			
V	19,8	36,0	26,9	11,0	4,2	1,2	0,7	0,1	0,1		
VI	23,7	36,7	26,3	10,1	2,2	0,6	0,3	0,1			
VII	22,2	37,8	27,4	9,0	2,7	0,9	0,05				
VIII	25,9	34,1	24,4	10,6	3,0	1,0	0,7	0,2	0,1		
IX	25,8	35,8	23,0	10,1	3,0	1,3	0,8	0,1	0,1		
X	22,5	36,0	26,1	10,1	3,4	1,1	0,5	0,3	0,05		
XI	15,6	32,0	26,6	14,2	6,2	3,1	1,6	0,5	0,2		
XII	14,3	31,3	31,2	14,4	4,6	2,3	1,8	0,1			
Год	19,7	34,3	26,8	11,7	4,2	1,8	1,2	0,2	0,1	0,05	

В табл. 19 и на рис. 12 приводится повторяемость различной скорости ветра. В течение всего года преобладают слабые (до 5 м/с) ветры, повторяемость которых составляет 74—77 % зимой и 85—87 % летом. Скорость ветра 6—9 м/с зимой наблюдается почти вдвое чаще, чем летом.

Скорость ветра более 9 м/с наблюдается зимой примерно в 5 % всех случаев, а летом — в 1 %. За период 1951—1965 гг.

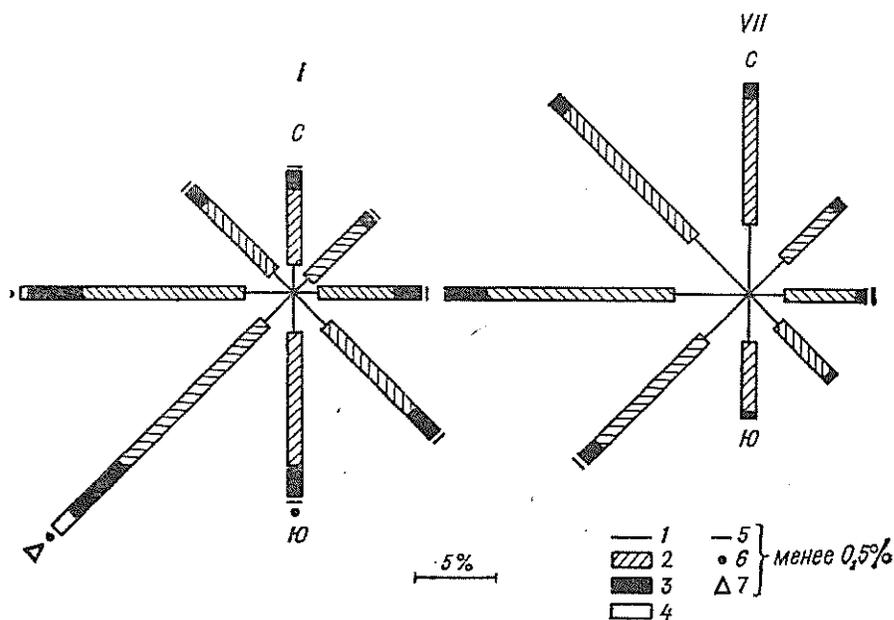


Рис. 12. Повторяемость ветра различной скорости по направлениям (январь, июль).

1) 0—1 м/с, 2) 2—5 м/с, 3) 6—9 м/с, 4) 10—13 м/с; 5) 10—13 м/с, 6) 14—17 м/с, 7) 18—20 м/с.

в январе отмечено 102 случая со скоростью ветра более 9 м/с, в июле всего 17 случаев, из которых семь наблюдались в 1962 г.

Из данных табл. 19 можно вычислить вероятность скорости ветра, превышающей любой заданный предел. Для этого необходимо сложить вероятности всех градаций скорости выше искомого предела. Для того, чтобы получить вероятность скорости ветра ниже заданного предела, необходимо сложить вероятности всех градаций скоростей ниже этого предела.

Суточный ход скорости ветра прослеживается в течение всего года (табл. 20). Он хорошо выражен летом, когда ночью преобладает штиль или очень слабый ветер (1 м/с), днем скорость ветра увеличивается до 2—5 м/с.

Детально характеризуют ветровой режим средние скорости по направлениям (табл. 21) и повторяемость различных соче-

таний скорости и направления ветра (см. Приложение, табл. 5 и 6). Повторяемость штилей по направлениям распределялась пропорционально повторяемости скорости ветра 1 м/с. Наибольшие средние месячные скорости ветра приходятся, как правило, на преобладающие направления ветра.

Таблица 20

Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) в разные часы суток

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2	3,8	3,5	3,6	2,7	2,4	2,1	2,0	2,2	2,3	2,9	3,6	3,9	2,9
8	3,7	3,5	3,8	3,1	3,1	2,8	2,6	2,6	2,6	3,0	3,6	3,8	3,2
14	4,2	4,1	4,6	4,7	4,6	4,2	3,9	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,3
20	3,9	3,6	3,8	3,5	3,4	3,2	2,8	2,8	2,6	3,0	3,5	3,8	3,3

Таблица 21

Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) по направлениям

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	3,6	3,8	4,1	3,9	3,8	5,1	4,5	3,9
II	4,3	3,9	4,2	4,3	3,6	4,0	4,2	4,0
III	4,6	3,9	3,7	4,2	3,6	4,2	4,1	4,6
IV	4,3	3,1	3,3	4,0	3,6	3,8	3,9	4,4
V	4,4	3,7	3,1	3,7	3,7	3,4	3,9	4,1
VI	3,6	3,2	3,0	3,4	3,2	3,2	3,7	3,7
VII	3,2	3,2	3,1	2,9	2,7	3,4	3,7	3,2
VIII	3,8	3,4	2,8	3,2	2,9	3,7	3,8	3,3
IX	3,8	3,1	2,8	3,0	3,2	3,6	3,9	3,5
X	3,7	3,4	3,7	3,5	3,1	3,8	4,0	3,9
XI	4,2	2,9	4,4	4,2	3,5	4,3	3,9	4,2
XII	4,3	4,2	4,7	4,4	3,8	4,2	4,3	3,9
Год	4,0	3,5	3,7	3,8	3,4	4,0	4,0	3,8

Ветер со скоростью 15 м/с и больше называется сильным. Если хотя бы в один из сроков за сутки скорость ветра достигла этого значения, то такой день считают днем с сильным ветром. Зимой вследствие усиления циклонической деятельности число дней с сильным ветром увеличивается, летом уменьшается. В табл. 22 показано распределение числа дней с сильным ветром по сезонам. Примерно в 17 % лет сильные ветры в течение всего года не наблюдаются.

Наибольшая повторяемость сильных ветров в целом за год приходится на западную четверть горизонта (табл. 23).

Таблица 22

## Число дней с сильным ветром по сезонам

	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Среднее	1,2	2,0	0,7	1,6	5,5
Наибольшее	5	6	3	8	16
$\sigma$	1,4	1,8	0,9	2,7	4,3

Таблица 23

Повторяемость (%) различных направлений при сильном ветре ( $\geq 15$  м/с)

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Зима	2	0	0	8	0	40	29	21
Весна	27	16	7	18	4	9	6	13
Лето	27	0	0	0	0	0	40	33
Осень	5	0	0	0	3	21	60	11

Большой интерес для практики представляет распределение по месяцам числа дней со скоростью ветра выше определенного предела (табл. 24).

Таблица 24

Число дней со скоростью ветра хотя бы в один из сроков выше указанного предела и во все сроки  $< 6$  м/с

Месяц	Скорость ветра, м/с				
	$< 6$	$\geq 6$	$\geq 10$	$\geq 15$	$\geq 18$
I	17,4	13,6	2,7	0,4	0,12
II	14,3	13,7	2,8	0,5	0,17
III	16,5	14,5	3,9	1,1	0,12
IV	16,8	13,2	2,4	0,6	0,04
V	18,0	13,0	1,7	0,3	
VI	18,8	11,2	1,1	0,3	
VII	21,2	9,8	1,2	0,1	0,04
VIII	18,9	12,1	1,6	0,3	0,04
IX	18,3	11,7	1,8	0,4	
X	19,1	11,9	1,8	0,4	
XI	16,2	13,8	3,4	0,8	0,12
XII	17,1	13,9	2,6	0,3	
Год	214,2	150,8	26,6	5,5	0,64

Вследствие присущей воздушным течениям турбулентности скорость ветра испытывает значительные колебания (пульсации) с временными интервалами не более нескольких секунд. Резкое кратковременное усиление ветра называют порывом.

Порывы необходимо учитывать в инженерных расчетах при определении прочности креплений и в других случаях.

Максимальная скорость ветра при порывах, измеренная на высоте 12 м, имеет следующие значения:

Сезон . . . . .	Зима	Весна	Лето	Осень
$v_{\max}$ , м/с . . . . .	28	28	24	22

В течение многих лет при проектировании сооружений в качестве расчетной принималась максимальная скорость ветра, зарегистрированная за весь период наблюдений, или средняя из годовых максимумов. Но наблюдаемые максимальные значения скорости ветра из сравнительно коротких рядов не позволяют непосредственно судить о возможных значениях скорости ветра для строительных объектов, рассчитанных на разную длительность существования (от одного года до 100 лет и более). Поэтому при определении ветровых нагрузок на сооружения за расчетную скорость целесообразно принимать максимальную скорость ветра с заданной обеспеченностью (табл. 25). Приведенные в табл. 25 расчетные скорости ветра определены по распределению месячных максимумов. В зависимости от типа сооружения, от предполагаемой продолжительности его эксплуатации выбирается период определенной продолжительности и соответствующая расчетная скорость ветра.

Таблица 25

Наибольшие скорости ветра по направлениям, возможные один раз в 5, 10, 20 и 50 лет (м/с)

	5 лет	10 лет	20 лет	50 лет
С	15	18	20	24
СВ	14	16	19	23
В	15	15	16	19
ЮВ	13	17	19	22
Ю	14	16	18	22
ЮЗ	17	18	20	22
З	17	19	20	23
СЗ	17	19	20	23
Независимо от направления	19	21	23	26

Нормативная ветровая нагрузка на различные сооружения для строительного проектирования вычисляется по нормативному скоростному напору ветра  $q$ , который выражается в паскалях ( $\text{Н/м}^2$ ) и определяется по формуле

$$q = 0,613 (av)^2,$$

где  $v$  — расчетная скорость ветра на высоте флюгера, возможная один раз в 5, 10, 20 или 50 лет;  $a$  — поправочный коэффи-

цент, который вводится только в том случае, когда  $v$  получено из наблюдений по флюгеру и превышает 20 м/с (исправляется систематическая погрешность флюгера):  $a=0,75+5/v$ ; в других случаях принимается  $a=1$ .

Для сооружений, срок эксплуатации которых рассчитан на 5 и 10 лет, расчетная скорость (независимо от направления) равна 19 и 21 м/с, а скоростной напор ветра по формуле будет равен соответственно 221 и 264 Па. Для сооружений с более продолжительным сроком эксплуатации нормативный скоростной напор вычисляется по максимальной скорости ветра, возможной один раз в 20 или 50 лет.

## 4. ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

### 4.1. Температура воздуха

Температуру воздуха измеряют на станциях термометром, установленным в метеорологической будке на высоте 2 м над поверхностью земли. Для сравнения температурного режима в разных пунктах и анализа годового хода температуры воздуха используют среднюю многолетнюю температуру за каждый месяц (табл. 26, рис. 13), иногда за каждую декаду (табл. 27). Годовой ход температуры отстает на месяц от годового хода высоты солнца: средняя температура достигает минимума в третьей декаде января, а максимума — в третьей декаде июля. В отдельные годы наблюдаются существенные отклонения от среднего годового хода. В частности, за период наблюдений январь был самым холодным месяцем лишь в 43 % лет. В остальные годы наименьшая средняя месячная температура наблюдалась в феврале (34 %), в декабре (19 %) и даже в марте (1949 и 1952 гг.). Самым теплым месяцем года в 61 % лет был июль,

Таблица 26

Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средней месячной и годовой температуры воздуха (°С)

Месяц	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$ год	$t_{\text{мин}}$ год	Отклонение	
				среднее арифметическое	среднее квадратическое
I	-5,1	1,2 1975	-12,9 1963	2,7	3,2
II	-4,5	0,6 1903, 1957	-15,7 1929	2,8	3,9
III	-0,6	3,4 1912	-7,5 1952	1,9	2,4
IV	6,3	9,7 1950	0,8 1929	1,7	2,0
V	13,0	17,0 1906	8,9 1965	1,6	1,8
VI	16,2	19,5 1964	12,4 1928	1,3	1,6
VII	18,0	20,6 1959	15,3 1962	1,1	1,3
VIII	16,8	19,5 1955	14,5 1928, 1956	1,1	1,3
IX	12,6	15,4 1967	8,8 1894	1,2	1,5
X	7,0	11,0 1896	3,3 1946	1,2	1,6
XI	1,6	6,7 1926	-2,6 1965	1,6	1,9
XII	-2,8	2,1 1971	-10,2 1969	2,1	2,6
Год	6,5	8,3 1975	4,8 1929	0,7	0,8

Средняя температура воздуха по декадам (°C)

Декада	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-4,7	-5,2	-2,2	3,3	11,6	15,4	17,6	17,7	14,5	8,8	3,4	-1,8
2	-5,1	-4,6	-0,6	6,4	13,0	16,2	18,2	16,9	12,6	7,0	1,6	-2,8
3	-5,4	-3,6	0,9	9,3	14,3	16,9	18,2	15,9	10,6	5,3	-0,2	-3,9

в 14 % — июнь, в 25 % — август. В 1968 г. июль даже оказался самым холодным из летних месяцев.

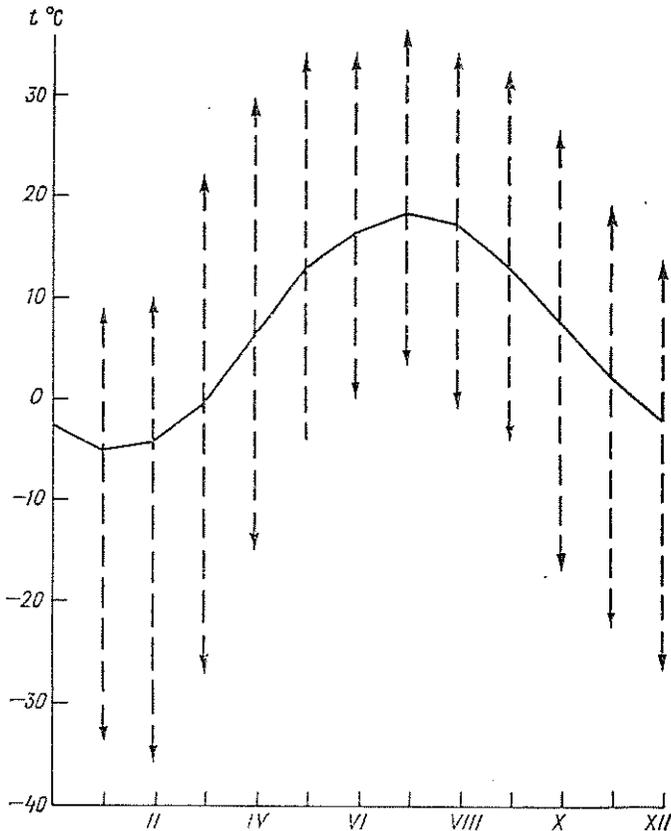


Рис. 13. Годовой ход средней месячной температуры воздуха.

Стрелками вверх и вниз указаны абсолютные максимумы и минимумы соответственно.

Если необходимо получить среднюю многолетнюю температуру для определенной даты, то можно приблизительно отнести

значения средней декадной температуры (см. табл. 27) к серединам декад и затем использовать линейную интерполяцию. Более точный способ — по данным табл. 27 построить плавную кривую годового хода средней температуры. Эта кривая проводится так, чтобы средняя за каждую декаду, полученная графическим осреднением, совпадала бы со средней температурой, приведенной в табл. 27.

Необходимым дополнением к средним многолетним значениям средней месячной температуры служат повторяемости (табл. 28) и обеспеченности (табл. 29) разных ее значений. Изменчивость средней месячной температуры характеризуется средним арифметическим или средним квадратическим отклонением  $\sigma$  (см. табл. 26). Распределение средних месячных тем-

Таблица 28

Повторяемость (%) разных градаций средней месячной и годовой температуры воздуха

Температура, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-20,0... -15,1		2											
-15,0... -10,1	12	6										2	
-10,0... -5,1	24	24	6									15	
-5,0... -0,1	60	58	51								11	64	
0,0... 5,0	4	10	43	23						11	85	19	9
5,1... 10,0				77	4				4	85	4		91
10,1... 15,0					87	28		10	92	4			
15,1... 20,0					9	72	92	90	4				
20,1... 25,0							8						

Таблица 29

Средняя месячная температура воздуха разной обеспеченности

Месяц	Средняя температура, °С	Вероятность (%) указанной или более низкой температуры				
		5	25	50	75	95
I	-5,1	-10	-7	-5	-3	0
II	-4,5	-11	-7	-4	-2	2
III	-0,6	-4	-2	-1	1	3
IV	6,3	3	5	6	8	10
V	13,0	10	12	13	14	16
VI	16,2	14	15	16	17	19
VII	18,0	16	17	18	19	20
VIII	16,8	15	16	17	18	19
IX	12,6	10	12	13	14	15
X	7,0	4	6	7	8	10
XI	1,6	-2	0	2	3	5
XII	-2,8	-7	-4	-3	-1	2

ператур близко к нормальному, поэтому можно считать, что в пределах  $t_{\text{ср}} \pm \sigma$  укладываются 68 % всех случаев наблюдений, а за пределы  $t_{\text{ср}} \pm 3\sigma$  выходит не более 0,3 % лет. Это, в частности, означает, что в январе в 68 % случаев температура не выходит за пределы  $-1,9 \dots -8,3^\circ\text{C}$ , а в июле — за пределы  $16,7 \dots 19,3^\circ\text{C}$ .

Так как повторяемость разных значений средней месячной температуры (см. табл. 28) определена непосредственно по фактическим данным, а обеспеченность (см. табл. 29) рассчитана по нормальному распределению, то между этими данными есть некоторые расхождения.

Из данных табл. 29 видно, что, например, в январе температура воздуха  $-7^\circ\text{C}$  и ниже бывает в 25 % лет, т. е. один раз в 4 года. Редко встречаются годы (примерно один раз в 20 лет) со средней месячной температурой воздуха в январе  $-10^\circ\text{C}$  и ниже или выше  $0^\circ\text{C}$ . В июле почти ежегодно (в 95 % лет) средняя месячная температура воздуха бывает выше  $16^\circ\text{C}$ , но только один раз в 20 лет больше  $20^\circ\text{C}$ .

Основной характеристикой температуры конкретных суток служит средняя суточная температура (табл. 30). Ее средние многолетние значения за каждый месяц такие же, как значения средней месячной температуры (см. табл. 26), а средние квадратические отклонения  $\sigma$  значительно больше:

Месяц . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\sigma, ^\circ\text{C}$ . . .	5,7	6,0	4,6	4,4	4,6	3,6	3,0	3,2	3,5	3,8	3,9	5,0

Распределение средней суточной температуры симметрично с мая по ноябрь, в мае имеет небольшой отрицательный эксцесс, а в июне—ноябре подчиняется нормальному закону. В апреле распределение имеет небольшую положительную асимметрию, в декабре—марте — отрицательную.

В табл. 31 приведены средние значения температуры воздуха в разные часы суток, полученные по показаниям термографа, а на рис. 14 показан суточный ход температуры для центральных месяцев сезонов.

Одна и та же средняя суточная температура воздуха может быть и в безоблачный жаркий день с холодной ночью и в пасмурный день со сравнительно теплой ночью. В такие дни наблюдается различный суточный ход температуры. В первом случае он хорошо выражен, имеет максимум в дневные часы и минимум в ранние утренние, во втором — изменения температуры в течение суток небольшие. Соответственно изменяется и суточная амплитуда, т. е. разность между суточными максимумом и минимумом температуры. Средние из ежедневных значений суточной амплитуды приведены в табл. 32. Средняя суточная амплитуда температуры воздуха имеет хорошо выраженный годовой ход. Минимальное значение ее приходится на

Число дней со средней суточной температурой воздуха в разных пределах

Температура, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-34,9... -30,0	0,03											
-29,9... -25,0	0,1	0,1										
-24,9... -20,0	0,2	0,2										0,03
-19,9... -15,0	1,2	1,4										0,4
-14,9... -10,0	3,2	3,4	1,1								0,1	2,1
-9,9... -5,0	6,2	6,2	3,8							0,1	1,4	4,7
-4,9... 0,0	11,5	8,5	10,4	1,7						1,0	7,9	10,1
0,1... 5,0	8,5	8,3	12,6	10,8	0,9				0,4	8,8	14,3	12,6
5,1... 10,0	0,1	0,1	2,9	11,5	7,6	0,7	0,03	0,2	6,9	14,9	6,2	1,1
10,1... 15,0			0,2	4,7	11,6	9,2	3,7	7,7	16,1	5,7	0,1	
15,1... 20,0				1,3	8,6	14,3	18,5	17,4	5,9	0,5		
20,1... 25,0					2,3	5,4	8,1	5,4	0,7			
25,1... 30,0						0,4	0,7	0,3				

## Суточный ход температуры воздуха (°С)

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-5,4	-4,9	-1,4	4,8	10,9	13,8	15,9	14,8	10,8	6,1	1,4	-3,1
2	-5,4	-5,1	-1,8	4,2	10,3	13,2	15,3	14,3	10,6	5,9	1,4	-3,1
3	-5,4	-5,3	-2,2	3,8	9,8	12,7	14,8	13,9	10,3	5,6	1,3	-3,1
4	-5,4	-5,4	-2,4	3,4	9,4	12,3	14,4	13,5	9,9	5,4	1,1	-3,2
5	-5,5	-5,5	-2,6	3,2	9,0	12,0	14,1	13,3	9,7	5,2	1,0	-3,2
6	-5,6	-5,6	-2,8	2,9	8,9	12,0	14,1	13,1	9,5	5,0	1,0	-3,2
7	-5,6	-5,7	-3,0	2,9	9,3	12,7	14,5	13,2	9,3	4,8	0,9	-3,3
8	-5,6	-5,7	-2,9	3,4	10,4	13,9	15,5	14,0	9,6	4,8	0,8	-3,3
9	-5,6	-5,6	-2,6	4,3	11,7	15,1	16,8	15,2	10,5	5,1	0,8	-3,3
10	-5,5	-5,4	-1,9	5,5	13,0	16,3	18,1	16,5	11,8	5,7	1,0	-3,2
11	-5,3	-5,0	-0,9	6,7	14,1	17,4	19,2	17,7	13,2	6,9	1,3	-2,9
12	-5,0	-4,4	0,0	7,8	15,1	18,3	20,0	18,7	14,3	7,9	1,7	-2,6
13	-4,6	-3,8	0,9	8,6	15,7	19,0	20,7	19,5	15,2	8,7	2,1	-2,3
14	-4,4	-3,3	1,6	9,3	16,3	19,6	21,3	20,2	15,9	9,4	2,5	-2,1
15	-4,3	-3,0	2,0	9,7	16,6	19,8	21,4	20,4	16,2	9,8	2,6	-2,0
16	-4,3	-2,9	2,1	9,8	16,6	19,9	21,5	20,5	16,2	9,7	2,5	-2,1
17	-4,5	-3,0	2,1	9,7	16,5	19,8	21,4	20,4	16,0	9,5	2,4	-2,2
18	-4,7	-3,2	1,9	9,5	16,4	19,5	21,2	20,1	15,6	9,0	2,2	-2,4
19	-4,8	-3,6	1,4	9,1	16,1	19,0	20,9	19,6	14,8	8,4	2,0	-2,6
20	-4,9	-3,9	0,7	8,3	15,3	18,4	20,3	18,7	13,8	7,8	1,8	-2,7
21	-5,0	-4,1	0,1	7,3	14,3	17,5	19,3	17,6	12,9	7,3	1,7	-2,8
22	-5,2	-4,3	-0,4	6,5	14,3	16,4	18,2	16,6	12,2	6,9	1,6	-2,9
23	-5,3	-4,5	-0,7	5,9	12,3	15,3	17,2	15,9	11,7	6,6	1,5	-3,0
24	-5,4	-4,7	-1,1	5,3	11,5	14,5	16,5	15,3	11,2	6,3	1,4	-3,1

зимние месяцы. С увеличением притока солнечной радиации амплитуда возрастает, достигая наибольших значений летом. При ясной и тихой погоде суточная амплитуда примерно в два раза больше, чем при пасмурной ветреной. Таблица 33 дает представление о возможных колебаниях амплитуды.

Междусуточная изменчивость температуры воздуха представляет собой разность средних суточных значений температуры двух соседних суток (табл. 34) и отражает колебания температуры, связанные с изменением погоды. Междусуточная изменчивость, как и суточная амплитуда температуры, имеет годовой

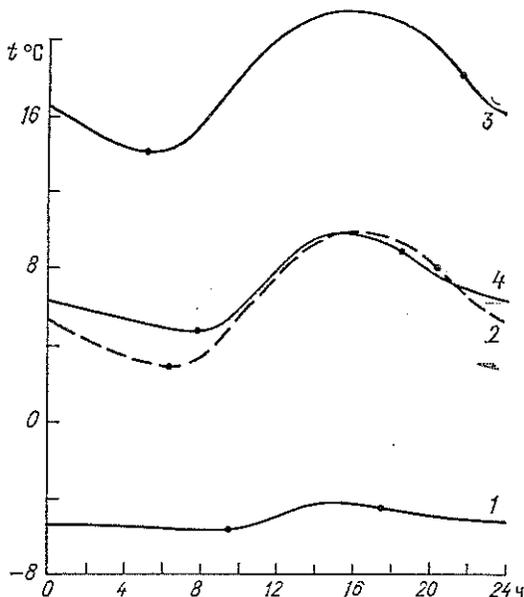


Рис. 14. Суточный ход температуры воздуха в январе (1), апреле (2), июле (3) и октябре (4).

Точки на кривых — моменты восхода и захода солнца.

ход. Наибольшая изменчивость отмечается зимой, наименьшая — летом. Наибольшая повторяемость (50—70 %) приходится на междусуточную изменчивость температуры в пределах  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Для решения ряда практических вопросов большое значение имеет минимальная температура. В табл. 35, 36 и 37 приведены характеристики минимальной температуры воздуха в Гродно. Абсолютная минимальная температура воздуха характеризует самую низкую температуру, наблюдавшуюся за весь период наблюдений. Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха является средним многолетним значением из абсолютных минимумов за отдельные годы.

Под средней минимальной температурой понимается среднее за месяц из суточных минимумов температуры. По средним минимальным температурам можно судить о ночной температуре

Таблица 32

Суточная амплитуда температуры воздуха (°С) независимо от состояния неба и при разном состоянии неба (по нижней облачности)

Амплитуда	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя независимо от состояния неба	4,7	5,8	7,2	9,3	10,8	10,3	10,1	9,5	8,9	7,0	4,1	4,2
ясно	7,2	8,9	10,3	12,4	13,0	12,9	12,6	12,0	11,8	10,6	7,4	5,9
полужасно	5,1	6,3	6,9	9,1	10,6	10,0	9,7	9,3	8,4	7,1	5,0	4,8
пасмурно	3,9	4,3	4,2	5,7	6,8	6,9	6,9	5,7	5,5	4,5	3,4	3,6
Наибольшая	17,3	16,9	16,9	19,8	19,3	18,0	18,4	17,8	17,3	15,5	15,9	18,2
Наименьшая	0,7	0,8	1,4	1,7	2,8	2,6	3,4	2,0	1,5	1,1	0,8	1,0

Таблица 33

Повторяемость (%) различных градаций суточной амплитуды температуры воздуха

Амплитуда, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,0... 0,9	1,1	0,2									0,4	
1,0... 3,9	43,1	33,0		6,3	1,4	2,1	1,0	3,6	4,6	16,5	55,5	53,4
4,0... 6,9	37,8	36,8	19,6	21,4	12,1	12,7	13,3	17,7	26,6	38,3	35,1	35,7
7,0... 9,9	13,3	17,0	30,8	28,3	24,6	29,0	33,0	30,7	29,2	27,2	7,3	7,6
10,0... 12,9	3,4	10,6	28,7	27,5	34,5	36,0	36,5	35,7	27,1	13,3	1,5	2,7
13,0... 15,9	0,9	1,9	14,4	15,0	23,4	17,3	14,6	11,7	11,0	4,7	0,2	0,4
16,0... 18,9	0,4	0,5	5,4	1,3	3,8	2,9	1,6	0,6	1,5			0,2
19,0... 21,9			1,1	0,2	0,2							

Повторяемость (%) различных градаций междусуточной изменчивости температуры воздуха и средняя междусуточная изменчивость

Изменчивость, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-13,9... -12,0	0,7		0,1									
-11,9... -10,0	0,7	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2						
-9,9... -8,0	1,3	1,0	0,7	0,4	0,2	0,2	0,4					0,4
-7,9... -6,0	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,7	0,6	0,2	0,4	1,0	1,0	1,4
-5,9... -4,0	5,4	5,4	4,5	5,4	6,8	5,4	3,0	2,8	3,7	5,4	4,4	3,6
-3,9... -2,0	16,8	14,7	11,0	8,8	12,0	9,4	13,1	11,4	13,2	14,1	13,5	16,6
-1,9... -0,1	24,9	27,5	29,3	22,3	23,6	27,4	26,9	34,2	33,1	33,4	32,4	28,4
0,0... 1,9	24,6	26,5	31,4	35,7	32,2	36,9	40,5	38,9	39,8	29,5	30,9	30,0
2,0... 3,9	15,1	12,2	15,4	22,0	20,0	14,4	14,3	10,9	8,2	12,2	13,5	13,9
4,0... 5,9	5,6	6,2	2,8	3,6	3,2	4,0	1,2	1,6	1,4	3,8	3,1	4,5
6,0... 7,9	1,2	3,3	2,1	0,6	0,8	0,4			0,2	0,6	1,2	1,0
8,0... 9,9	1,1	1,2	1,5									0,2
10,0... 11,9	0,7	0,2										
12,0... 13,9	0,2	0,2										
14,0... 15,9	0,1											
16,0... 17,9	0,1											
Средняя	2,6	2,4	2,1	1,9	2,0	1,9	1,6	1,5	1,5	1,8	1,8	1,9

Таблица 35

## Минимальная температура воздуха (°C)

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний минимум из суточных из абсолютных ме- сячных и годовых	-8,3 -19	-7,7 -18	-3,7 -13	2,1 -4	7,6 1	11,1 5	13,4 9
Абсолютный минимум Год	-34 1970	-36 1970	-27 1964	-15 1929	-6 1965	0 1928	3 1971

Характеристика	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средний минимум из суточных из абсолютных ме- сячных и годовых	12,6 8	8,8 3	3,8 -3	-0,1 -8	-4,5 -15	2,9 -23
Абсолютный минимум Год	-1 1966	-4 1966	-17 1920	-23 1908	-27 1933	-36 1970

Таблица 36

## Экстремальные температуры воздуха (°C) по сезонам

Характеристика	Зима	Весна	Лето	Осень
Средний минимум из суточных из абсолютных за се- зон	-6,8 -23	2,0 -14	12,4 4	4,2 -8
Абсолютный минимум Год	-36 1969-70	-27 1964	-1 1966	-23 1908
Средний максимум из суточных из абсолютных за се- зон	-1,5 7	11,0 28	22,4 31	10,9 26
Абсолютный максимум Год	13 1961-62	34 1898	36 1904	32 1961

воздуха. На нее больше, чем на среднюю суточную температуру, влияют местные особенности (форма рельефа, высота, характер подстилающей поверхности). Так, в нижних частях северных склонов температура может быть на 2—3°C ниже, чем на открытом ровном месте и, наоборот, в верхних частях южных склонов на 1—1,5°C выше. В пониженных защищенных местах при наличии стока холодного воздуха средняя минимальная температура может быть значительно ниже, чем на

Число дней с минимальной температурой воздуха в разных пределах

Температура, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-39,9... -35,0		0,03										
-34,9... -30,0	0,1	0,1										
-29,9... -25,0	0,3	0,3	0,03									0,03
-24,9... -20,0	0,8	1,3	0,03								0,03	0,4
-19,9... -15,0	2,4	2,9	0,9							0,03	0,1	1,0
-14,9... -10,0	4,5	4,8	2,6	0,03						0,1	0,6	3,2
-9,9... -5,0	8,1	6,5	6,6	0,3	0,03					0,5	3,2	6,4
-4,9... -0,0	11,0	8,6	13,8	7,2	0,6			0,03	0,3	5,0	12,0	12,4
0,1... 5,0	3,8	3,7	6,7	15,5	7,7	1,2	0,03	0,2	4,9	14,2	11,8	7,3
5,1... 10,0			0,3	6,0	13,9	8,6	3,7	5,2	15,0	9,8	2,2	0,3
10,1... 15,0				1,0	8,2	15,7	19,8	20,0	9,1	1,4	0,03	
15,1... 20,0					0,6	4,5	7,4	5,5	0,7			
20,1... 25,0						0,03	0,1	0,03				

ровных открытых местах. На возвышенных местах, где холодный воздух не застаивается, средняя минимальная температура воздуха выше.

Средняя минимальная температура воздуха заметно колеблется от года к году. Так, в январе 1956 г. она была равна  $-17,6^{\circ}\text{C}$ , в январе 1961 г. всего  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Летом значения средней минимальной температуры колеблются в пределах  $5-6^{\circ}\text{C}$ . В Гродно низкие температуры обычно связаны с вторжениями арктического воздуха. При ясной погоде холодный воздух подвергается дополнительному радиационному выхолаживанию, в результате чего температура понижается еще больше и достигает аномально низких значений. Самая низкая температура воздуха, когда-либо наблюдавшаяся в Гродно за весь период наблюдений, отмечена 1 февраля 1970 г. ( $-36^{\circ}\text{C}$ ). Абсолютный минимум температуры за год чаще всего наблюдается в январе (42%), реже в феврале (28%) и декабре (26%), изредка в марте (4%) (например, в 1952 и 1964 гг.).

Ниже приводится обеспеченность разных значений годового абсолютного минимума:

Абсолютный минимум, $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	$\leq -32$	$\leq -29$	$\leq -26$	$\leq -23$	$\leq -21$	$\leq -17$	$\leq -16$
Вероятность, %	5	10	25	50	75	90	95

Большую опасность для фруктовых деревьев, особенно во время цветения, и для огородных культур представляют заморозки, когда на фоне положительных температур температура опускается до  $0^{\circ}\text{C}$  и ниже. Заморозки возникают чаще всего в результате вторжения холодных воздушных масс, а также в результате радиационного выхолаживания почвы (а от нее и воздуха) ночью и утром. В Гродно заморозки в воздухе в среднем прекращаются в начале мая (2 V), через 43 дня после того, как средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону положительных значений. В теплую весну они могут прекращаться почти на месяц раньше средней даты, а в затянувшуюся — почти на месяц позже.

Первые осенние заморозки в воздухе обычно наблюдаются в октябре. Из табл. 38 видно, что осенью вероятность наступления первых заморозков 20 сентября и ранее, или, наоборот, только после 1 ноября составляет 5%, т. е. они могут наблюдаться в среднем один раз в 20 лет. В низинах, котловинах и на торфяных почвах при равных атмосферных условиях заморозки могут возникать значительно чаще и начинаться раньше, чем на ровном открытом месте.

Средняя продолжительность безморозного периода (периода без заморозков) в Гродно составляет 161 день. Колебания в сроках окончания и наступления заморозков (табл. 38, 39) обуславливают значительную изменчивость продолжительности безморозного периода. Отклонения от нормы доходят до

Даты наступления первого заморозка различной вероятности

Дата		Вероятность (%) заморозка в указанные и более ранние даты							Самая поздняя
средняя	самая ранняя	5	10	25	50	75	90	95	
11 X	29 VIII 1966	20 IX	25 IX	2 X	11 X	20 X	27 X	1 XI	18 XI 1958

Таблица 39

Даты наступления последнего заморозка различной вероятности

Дата		Вероятность (%) заморозка в указанные и более поздние даты							Самая поздняя
средняя	самая ранняя	95	90	75	50	25	10	5	
2 V	5 IV 1897	10 IV	15 IV	23 IV	2 V	11 V	19 V	24 V	26 V 1969

40—50 дней. Очень продолжительный безморозный период наблюдался в 1952 г. (210 дней) и 1958 г. (212 дней), и наоборот, продолжительность в 1966 г. была всего 117 дней, а в 1969 г.—115 дней.

Морозными считаются дни, в которые температура по максимальному термометру была  $0^{\circ}\text{C}$  или ниже (см. табл. 40  $t_{\text{макс}} \leq 0$ ). Днями с оттепелью (см. табл. 40,  $t_{\text{макс}} > 0$ ) счи-

Таблица 40

Среднее число дней с отрицательной температурой во все часы суток ( $t_{\text{макс}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ), с переходом температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{макс}} > 0$ ,  $t_{\text{мин}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ ), с положительной температурой во все часы суток ( $t_{\text{мин}} > 0^{\circ}\text{C}$ ) и с оттепелью ( $t_{\text{макс}} > 0^{\circ}\text{C}$ )

Характеристика	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
$t_{\text{макс}} \leq 0$	0,0	0,0	0,2	4,4	11,6	17,1	15,4	7,5	0,3	0,0	0,0
$t_{\text{макс}} > 0$	0,03	0,3	5,4	11,6	11,8	10,1	9,1	16,5	7,2	0,6	0,03
$t_{\text{мин}} \leq 0$											
$t_{\text{мин}} > 0$	31	29,7	25,4	14,0	7,6	3,8	3,7	7,0	22,5	30,4	30
$t_{\text{макс}} > 0$				25,6	19,4	13,9	12,8	23,5			

таются все дни с положительной температурой по максимальному термометру в период от первого морозного дня осенью до последнего морозного дня весной.

В число дней с переходом температуры через 0°C включены все дни, когда максимальная температура была выше 0°C, а минимальная 0°C или ниже 0°C, т. е. в ночное время происходит замерзание, а в дневное — таяние воды. Весной и осенью такие дни считают как дни с заморозками.

За зиму бывает от 26 до 66 дней с оттепелью (в среднем 46,1). Колебания числа дней с оттепелью в отдельные месяцы характеризуются такими средними квадратическими отклонениями:

Месяц	XI	XII	I	II	III
σ . . . .	4,9	6,9	5,6	7,1	6,8

Для Гродно характерна смена оттепельных и морозных периодов (табл. 41). Преобладают оттепели с температурой до 3°C (табл. 42). Периодом с устойчивыми морозами называется период продолжительностью не менее месяца, в котором встречается не более трех дней с оттепелью, причем не ближе 10 дней от начала и конца периода. В среднем в Гродно наблюдается 65 дней с устойчивыми морозами.

Таблица 41

Повторяемость (%) морозных периодов и периодов с оттепелью различной непрерывной продолжительности, средняя и наибольшая непрерывная продолжительность

Период	Продолжительность (дни)						средняя	наибольшая
	1-2	3-5	6-10	11-20	21-30	31-40		
Морозный	49,1	25,1	11,2	11,6	1,5	1,5	5	37
С оттепелью	36,7	27,7	21,3	10,3	3,6	0,4	6	34

Таблица 42

Повторяемость (%) дней с различной максимальной температурой при оттепелях

Максимальная температура, °C	Повторяемость	Максимальная температура, °C	Повторяемость
0,1... 0,9	19,6	7,0... 7,9	2,5
1,0... 1,9	23,6	8,0... 8,9	1,3
2,0... 2,9	17,6	9,0... 9,9	1,1
3,0... 3,9	14,3	10,0... 10,9	1,1
4,0... 4,9	8,3	11,0... 11,9	0,3
5,0... 5,9	6,0	12,0... 12,9	0,3
6,0... 6,9	4,0		

Максимальная температура воздуха характеризует температуру дневной наиболее теплой части суток. Влияние местных условий на максимальную температуру воздуха сравнительно мало, особенно в теплое время года, когда днем происходит интенсивное перемешивание воздуха. Зимой в дневное время возможен застой холодного воздуха. В этом случае влияние местных условий на максимальную температуру несколько больше, но не так значительно, как на минимальную. В табл. 36, 43 и 44 приведены данные о максимальной температуре в Гродно. Ежегодно летом можно ожидать около 3 дней с максимальной температурой выше 30 °С. Такая высокая температура, особенно если она наблюдается в июне или начале июля, очень вредна для сельскохозяйственных культур. Кроме того, в засушливые периоды она способствует возникновению лесных пожаров. Наступление сильной жары летом обычно связано с приходом на нашу территорию масс тропического воздуха. Абсолютный годовой максимум чаще всего наблюдается в августе (39 %), реже в июле (34 %) и июне (17 %). В 1901 г. он пришелся на май, а в сентябре 1913 и 1961 гг. — на сентябрь.

Таблица 43

Максимальная температура воздуха (°С)

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средний максимум из суточных из абсолютных месячных и годовых	-2,6 4	-1,5 5	3,1 12	11,1 21	18,7 28	21,5 30	23,6 31
Абсолютный максимум Год	9 1899, 1975	10 1974	22 1968	29 1950	34 1898	34 1972	36 1904
Характеристика	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
Средний максимум из суточных из абсолютных месячных и годовых	22,0 30	17,9 26	10,8 18	4,0 9	-0,3 6	10,7 32	
Абсолютный максимум Год	34 1963, 1971	32 1961	26 1934	18 1926	13 1961	36 1904	

Обеспеченность различных значений абсолютного годового максимума имеет следующие значения:

Максимум, °С . . . . .	≥29	≥30	≥31	≥32	≥33	≥34	≥35
Вероятность, % . . . . .	95	90	75	50	25	10	5

Число дней с максимальной температурой воздуха в различных пределах

Температура, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-29,9... -25,0	0,05											
-24,9... -20,0	0,1	0,1										
-19,9... -15,0	0,6	0,2										0,1
-14,9... -10,0	1,9	2,3										0,4
-9,9... -5,0	5,4	5,0	1,1							0,04	0,4	2,9
-4,9... 0,0	9,1	7,8	6,4	0,3						0,2	4,0	8,2
0,1... 5,0	13,0	11,0	12,9	3,2						2,5	13,1	15,6
5,1... 10,0	0,9	1,8	7,5	9,4	1,7				0,7	10,9	10,6	3,6
10,1... 15,0			2,5	9,0	6,5	1,8	0,04	0,6	8,6	12,4	1,8	0,2
15,1... 20,0			0,6	5,4	10,5	8,4	5,5	8,6	12,1	4,2	0,1	
20,1... 25,0			0,04	2,4	8,5	12,4	15,8	14,3	7,1	0,7		
25,1... 30,0				0,3	3,5	6,8	8,5	6,6	1,5	0,04		
30,1... 35,0					0,3	0,6	1,1	0,9	0,04			
35,1... 40,0							0,1					

Дата наступления средних суточных температур воздуха выше или ниже определенных значений различной обеспеченности

Температура, °С	Средняя дата	Вероятность (%) указанных или более ранних дат наступления						
		5	10	25	50	75	90	95
Выше 0	20 III	1 III	5 III	13 III	20 III	26 III	30 III	1 IV
Ниже 0	24 XI	7 XI	10 XI	16 XI	24 XI	31 XII	9 XII	13 XII
Выше 5	10 IV	27 III	30 III	4 IV	10 IV	16 IV	19 IV	22 IV
Ниже 5	27 X	13 X	15 X	20 X	27 X	1 XI	6 XI	10 XI
Выше 10	28 IV	14 IV	18 IV	23 IV	28 IV	3 V	8 V	11 V
Ниже 10	28 IX	16 IX	19 IX	24 IX	28 IX	2 X	8 X	13 X
Выше 15	31 V	7 V	13 V	21 V	31 V	10 VI	18 VI	23 VI
Ниже 15	1 IX	15 VIII	19 VIII	25 VIII	1 IX	8 IX	13 IX	16 IX

Пределы изменения средней максимальной температуры зимой существенно превышают пределы изменения летом. Если летом амплитуда средней месячной максимальной температуры 8 °С, то зимой она достигает 14 °С.

Для практических целей большой интерес представляют данные о переходе средней суточной температуры воздуха через 0, 5, 10 и 15 °С (табл. 45). Дата перехода через 5 °С определяет начало и конец вегетационного периода трав и озимых культур, период с температурой выше 10 °С — период активной вегетации для большинства сельскохозяйственных культур. Период с температурой выше 15 °С характеризует наиболее теплую часть лета, которая определяет возможность выращивания теплолюбивых культур (томаты, огурцы и др.). Если нужно знать даты перехода средних суточных температур через значения температуры, не приведенные в табл. 45, то можно допустить, что в пределах 5-градусного интервала ход температуры линейный, и искомая дата может быть получена интерполяцией между двумя соседними датами.

Период с температурой воздуха выше 0 °С в Гродно продолжается на 17 дней больше, чем в Минске. В связи с большими колебаниями температуры воздуха из года в год даты перехода температур и продолжительность периодов (табл. 46) в отдельные годы значительно отклоняются от средних многолетних. Например, при средней дате 20 марта переход через 0 °С весной один раз в 20 лет происходит 1 марта или ранее и один раз в 20 лет позднее 1 апреля.

Таблица 46

Продолжительность (дни) периода со средними суточными температурами выше определенных значений различной обеспеченности

Температура, °С	Средняя продолжительность	Вероятность (%) указанной или большей продолжительности						
		95	90	75	50	25	10	5
Не ниже 0	248	230	233	239	248	258	271	280
То же 5	199	182	186	192	199	206	213	217
„ 10	152	134	139	145	152	158	165	170
„ 15	92	60	69	79	92	105	115	120

Для роста и развития садовых растений, овощных и других сельскохозяйственных культур одним из основных климатических факторов является степень обеспеченности теплом, которая характеризуется суммой средних суточных температур воздуха, превышающих 5, 10 и 15 °С. Средние суммы температур и суммы различной вероятности приведены в табл. 47.

Переход средней суточной температуры воздуха через 8 °С осенью в сторону понижения и весной в сторону повышения принят за начало и конец отопительного периода. В Гродно этот

Суммы средних суточных температур (°С) воздуха выше 0, 5, 10, 15 °С различной вероятности

Температура, °С	Средняя сумма	Вероятность (%) указанных или больших сумм температур						
		95	90	75	50	25	10	5
Выше 0	2815	2515	2575	2705	2815	2915	3045	3115
„ 5	2704	2389	2464	2609	2704	2814	2924	3004
„ 10	2341	2006	2081	2221	2341	2476	2636	2731
„ 15	1580	1035	1150	1350	1580	1830	2040	2145

период начинается в среднем 9 октября и кончается 21 апреля, т. е. продолжается 193 дня.

Приведенные выше данные о переходе средней суточной температуры через определенные пределы соответствуют ее сглаженному плавному годовому ходу. В реальном ходе средней суточной температуры за конкретный год многократно чередуются повышения и понижения. Средняя продолжительность интервала от перехода средней суточной температуры вверх через заданный уровень до ее перехода вниз через тот же уровень (или наоборот) характеризует степень устойчивости температуры (табл. 48).

Таблица 48

Средняя непрерывная продолжительность (дни) интервалов со средней суточной температурой выше или ниже заданного уровня

Уровень, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Выше —5	6,9	7,1	15,0									13,4
„ 0	3,2	3,5	4,5								8,7	5,1
„ 5	1,6	2,0	2,1	6,0							3,1	2,4
„ 10				2,8	9,7							
„ 15				1,8	3,7	6,8						
„ 20					2,1	2,5	15,6	10,7	12,5			
„ 25						1,7	3,0	3,2	3,8	8,5		
Ниже 20						11,4	7,3	12,1	2,2	3,3		
„ 15						8,4	3,4	3,0	10,4	2,1		
„ 10				13,4	8,4	3,9	2,2		3,0	10,5		
„ 5			11,3	5,2	2,3	1,9			1,4	3,2	10,8	
„ 0	8,2	10,4	5,5	2,6						1,7	3,2	6,9
„ —5	3,8	5,0	3,1								1,9	3,6
„ —10	2,7	3,4	2,4									2,6
„ —15	2,1	2,6										

При строительном проектировании используются температурные характеристики, приведенные в табл. 49.

Связь между температурой воздуха и направлением ветра характеризуется табл. 50.

Расчетная температура холодного периода для целей проектирования

Интервал времени	$t$ °С	Объект проектирования	Способ вычисления
Наиболее холодные сутки	-25	Легкие ограждающие конструкции зданий, системы отопления в них	Отбирают наиболее холодные зимы за период наблюдений (16 % всех зим), а затем в каждой из них — наиболее холодные сутки. Вычисляют среднее из средних суточных температур отобранных суток
Наиболее холодная пятидневка	-21	Массивные ограждающие конструкции зданий, системы отопления в них	Отбирают наиболее холодные зимы за период наблюдений (16 % всех зим), а затем в каждой из них — наиболее холодную пятидневку. Вычисляют среднее из средних температур отобранных пятидневок
Отопительный период	-0,1	Системы отопления, нормы топлива	Отопительным считается период со средней суточной температурой ниже 8 °С
Наиболее холодный период (вентиляционная температура)	-9	Вентиляция	Средние из наименьших значений температуры за наиболее холодный период, составляющий 15 % продолжительности отопительного периода

Таблица 50

Средняя температура воздуха (°С) в зависимости от направления ветра

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
I	-9,1	-9,8	-7,5	-4,8	-2,4	-1,7	-2,0	-5,2
II	-8,4	-9,7	-9,3	-6,2	-2,6	-1,9	-1,5	-4,6
III	-4,1	-4,7	-3,7	-1,0	0,9	3,1	0,6	-1,3
IV	4,7	5,9	6,9	8,5	9,6	7,5	5,8	4,3
V	11,1	12,9	14,0	15,4	15,4	11,9	11,7	10,7
VI	15,7	15,9	18,2	19,4	19,2	16,4	15,8	15,0
VII	18,2	18,9	19,8	20,6	18,5	17,5	17,1	17,2
VIII	17,0	17,6	18,2	19,5	18,7	16,5	15,9	16,2
IX	12,3	11,4	12,6	14,9	14,5	12,7	12,1	11,6
X	5,1	4,8	5,8	7,5	8,3	8,0	7,1	6,1
XI	-0,7	0,1	1,4	1,5	2,7	2,8	2,1	0,2
XII	-4,4	-6,2	-4,7	-2,4	-1,2	-0,4	-0,4	-2,9
Год	4,8	4,8	6,0	7,7	8,5	7,7	7,0	5,7

Наибольшие различия в средней температуре воздуха при определенном направлении ветра отмечаются в январе—марте, наименьшие — летом и осенью. Самый холодный ветер зимой имеет северо-восточное направление, а самый теплый — западное или юго-западное. Летом самый холодный ветер — западный или северо-западный, а самый теплый — юго-восточный.

## 4.2. Температура почвы

Температура почвы зависит от температуры воздуха, радиационных условий, испарения и скорости ветра. На нее оказывает влияние также механический состав и тип почвы, ее влажность, состояние поверхности, покрытость растительностью, снегом и т. д.

Почва на площадке метеостанции Гродно, где производились измерения, до глубины 40 см супесчаная с большим содержанием гумуса, ниже до глубины 60 см — крупный гравий, далее до глубины 210 см песок с прослойками мелкого гравия и ниже — мелкозернистый песок.

*Температура поверхности почвы* измеряется напочвенными термометрами, установленными горизонтально летом на оголенной почве, зимой на снегу таким образом, что резервуары их наполовину погружены в почву или снег. Такая методика измерений связана со значительными погрешностями, поэтому полученные данные лишь приблизительно характеризуют температуру тонкого поверхностного слоя почвы.

В табл. 51 приведены средние месячные и годовые значения температуры поверхности почвы, полученные по данным наблюдений за сроки 2, 8, 14 и 20 ч. В зимнее время средняя месячная температура поверхности почвы мало отличается от средней температуры воздуха, а летом температура поверхности почвы на 3—4 °С выше, чем температура воздуха. Средняя годовая температура поверхности почвы в Гродно на 1,5 °С выше температуры воздуха.

Средние и абсолютные экстремальные значения температуры, приведенные в табл. 51, получены из ежедневных данных максимального и минимального термометров.

В летнее время (июнь—август) максимальная температура оголенной поверхности почвы в среднем на 12—14 °С выше, чем максимальная температура воздуха, а в отдельные жаркие дни эта разность достигает 17—18 °С. Самая высокая температура поверхности почвы наблюдалась в июле 1959 и 1964 гг. (54 °С).

Ночью минимальная температура поверхности почвы зимой на 0,5—0,7 °С, а летом на 0,1—0,4 °С ниже, чем минимальная температура воздуха. В отдельные ясные ночи температура поверхности почвы (или снега) понижается до —30 °С, а в январе 1950 г. она достигла —40 °С.

Средняя месячная, максимальная и минимальная температура (°С) поверхности почвы

Характеристика, °С	I	II	III	IV	V	VI	VII
Средняя температура	-5	-5	-1	7	16	21	22
Средний максимум	-2	0	6	20	32	36	38
Абсолютный максимум	7	14	28	40	49	54	54
Средний минимум	-9	-9	-5	1	7	11	13
Абсолютный минимум	-40	-35	-28	-17	-4	-1	4

Характеристика, °С	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя температура	20	14	7	2	-3	8
Средний максимум	34	26	14	4	0	17
Абсолютный максимум	51	44	32	19	9	54
Средний минимум	12	8	3	-1	-5	2
Абсолютный минимум	2	-4	-18	-23	-29	-40

Заморозки на поверхности почвы в среднем заканчиваются на 12 дней позже (14 V) и начинаются на 18 дней раньше (10 X), чем заморозки в воздухе. Сокращается продолжительность безморозного периода — 132 дня по сравнению с 161 днем в воздухе. В послевоенные годы самый поздний весенний заморозок отмечен 26 мая 1968 и 1969 гг. и самый ранний осенний 24 августа 1966 г.

Температура почвы зависит от ее механического состава. Суглинистые почвы хорошо удерживают воду, обладают большей теплоемкостью и теплопроводностью, чем супесчаные. Днем они меньше нагреваются, а ночью меньше охлаждаются. Поэтому весной и летом поверхность суглинистых почв в среднем на 1—2°С холоднее поверхности супесчаных.

Темные торфяно-болотные почвы, обладающие малой теплопроводностью, летом в дневное время прогреваются сильнее. Средняя месячная температура на поверхности таких почв летом на 1... 2°С выше, чем на супесчаных, а зимой они примерно на 1°С холоднее. С малой теплопроводностью торфяно-болотных почв связано значительное выхолаживание верхнего слоя почвы в ночное время, а следовательно, и увеличение повторяемости заморозков на их поверхности.

Велика роль растительного покрова в тепловом режиме почвы. Почва, покрытая растительностью, летом холоднее оголенной почвы.

На небольших глубинах (5—20 см) температура почвы измеряется коленчатыми термометрами, которые устанавливаются

только на теплый период года на открытой, свободной от растительности, разрыхляемой площадке. Их показания (табл. 52) характеризуют температурный режим пахотного слоя почвы.

Таблица 52

Средняя месячная температура (°С) верхних слоев почвы по коленчатым термометрам

Глубина, см	V	VI	VII	VIII	IX	X
5	15,6	19,7	21,4	19,4	13,8	7,2
10	15,2	19,3	21,1	19,3	14,1	7,6
15	15,0	19,0	21,0	19,2	14,1	7,7
20	14,7	18,8	20,8	19,1	14,2	8,0

В верхнем слое почвы наблюдаются значительные изменения температуры и в горизонтальном направлении, в зависимости от ее свойств и растительного покрова.

Среднюю температуру почвы на больших глубинах (0,2—3,2 м) определяют по показаниям вытяжных термометров, устанавливаемых в почве под естественным покровом: летом растительным, зимой снежным (табл. 53).

Таблица 53

Средняя месячная и годовая температура почвы (°С) по вытяжным термометрам

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
0,2	-0,4	-1,3	0,0	5,9	13,0	17,9	19,6	18,6	14,1	8,8	3,7	0,6	8,4
0,4	0,1	-1,0	0,2	5,2	12,1	16,8	18,8	18,0	14,5	9,4	4,4	1,4	8,3
0,6	0,7	-0,2	0,4	4,7	11,3	15,9	18,1	17,9	14,6	9,8	5,1	2,0	8,4
0,8	1,3	0,3	0,6	4,2	10,4	14,8	17,3	17,3	14,6	10,2	5,9	2,7	8,3
1,2	2,4	1,4	1,3	3,7	9,2	13,3	15,8	16,3	14,6	10,8	7,0	4,0	8,3
1,6	3,7	2,6	2,2	3,7	8,1	11,8	14,4	15,3	14,3	11,4	8,2	5,3	8,4
2,4	5,4	4,4	3,7	4,0	6,7	9,7	12,2	13,5	13,4	11,7	9,4	7,0	8,4
3,2	6,8	5,7	4,9	4,7	6,1	8,2	10,3	11,7	12,3	11,5	10,0	8,3	8,4

Температура почвы испытывает суточные и годовые колебания, амплитуда которых убывает с глубиной. Начиная с глубины 0,8 м наблюдения по температуре почвы производят один раз в сутки — в 14 ч, так как на этой глубине суточный ход температуры практически отсутствует.

Средняя годовая температура почвы в Гродно на всех глубинах примерно одинакова и равна 8°С.

Наступление максимума и минимума температуры почвы запаздывает с глубиной по сравнению с годовым ходом температуры воздуха.

Ниже приводится месяц наступления наибольшей и наименьшей средней месячной температуры на поверхности почвы и на разных глубинах:

Глубина, м . . . . .	0	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
Месяц наступления	VII	VII	VII	VII, VIII	VIII	IX
$t_{\text{макс}}$ . . . . .	I	II	II	II	III	IV
$t_{\text{мин}}$ . . . . .						

Наличие естественного покрова значительно сглаживает годовую ход температуры почвы, уменьшая ее амплитуду. Летом под оголенной поверхностью почва теплее, чем под травой. Зимой температура почвы под снежным покровом значительно выше, чем без него, так как благодаря низкой теплопроводности снег защищает почву от выхолаживания. Напротив, весной почва под снегом имеет более низкую температуру, чем оголенная, поскольку снег экранирует почву от солнечной радиации и забирает много тепла на таяние. Эти различия в температуре почвы между оголенной поверхностью и естественной прослеживаются на всех глубинах.

В табл. 54 помещено число дней с температурой почвы, равной или ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , хотя бы в один из сроков наблюдений.

Таблица 54

Среднее и наибольшее число дней с температурой почвы не более  $0^{\circ}\text{C}$

Глубина, м	Число дней	XI	XII	I	II	III	IV	Сумма за холодный период
0,2	Среднее	•	7,9	19,3	22,2	23,9	•	76,0
	Наибольшее	6	26	31	29	31	16	125
0,4	Среднее	•	•	10,1	15,3	19,2	3,2	58,7
	Наибольшее	4	16	31	28	31	17	122
0,8	Среднее	•	•	•	•	10,8	•	20,7
	Наибольшее	0	0	9	28	31	10	60

Примечание. Точка (•) означает, что дни с морозом наблюдались менее чем в 50 % лет и средние для таких случаев не вычислялись.

Средняя дата последнего мороза на глубине 20 см приходится на 29 марта, самая ранняя отмечалась 24 февраля, а самая поздняя 16 апреля. Средняя дата первого мороза на этой глубине отмечается 28 декабря, самая ранняя — 18 ноября. Продолжительность безморозного периода составляет 273 дня.

Промерзание почвы (табл. 55) определялось по цементации почвы и наличию в ней кристаллов льда путем вырубки монолитов или бурения почвы на определенных участках сельскохозяйственных полей. Наблюдения над промерзанием почвы производились ежемесячно около 25-го числа с ноября по март.

Огромное влияние на тепловое состояние почвы оказывает снежный покров. Он является плохим проводником тепла.

Глубина промерзания почвы (см)

Средняя					Максимальная за зиму		
XI	XII	I	II	III	средняя	наименьшая	наибольшая
8	21	33	42	46	50	21	83

Особенно плохо проводит тепло рыхлый снег. Под снежным покровом, даже при более низкой температуре, глубина промерзания почвы оказывается меньше, чем без него. Так, в Гродно в малоснежную зиму 1965-66 г. земля промерзла на глубину 105 см, а в зиму 1969-70 г. с высоким снежным покровом лишь

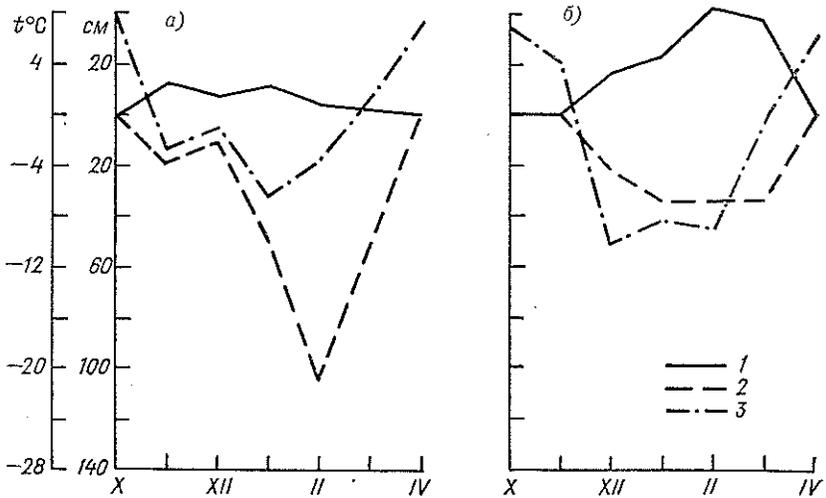


Рис. 15. Глубина промерзания почвы в малоснежную (а) и многоснежную (б) зимы.

1 — высота снежного покрова; 2 — глубина промерзания почвы; 3 — средняя месячная температура воздуха.

на 34 см (рис. 15), хотя средняя температура воздуха за декабрь—февраль во втором случае была на 5,4°C ниже, чем в первом.

На участках с выпуклой формой рельефа глубина промерзания почвы больше, чем с вогнутой, так как с выпуклых мест снег сдувается, а в вогнутых задерживается и там высота снежного покрова, как правило, больше. Кроме того, влагосодержание почвы в вогнутых формах рельефа выше, чем в выпуклых. Глубже промерзают легкие и сухие почвы, меньше — влажные и тяжелые. Болота промерзают на меньшую глубину, чем

возвышенные места. На вспаханных участках наблюдается более раннее и более глубокое промерзание почвы по сравнению с целиной. Песчаные почвы промерзают обычно глубже.

Промерзание почвы, которое сохраняется не менее 30 дней подряд, считается устойчивым. Средняя дата начала устойчивого промерзания 19 декабря, самая ранняя 16 ноября, самая поздняя 17 января.

Оттаивание почвы происходит под действием солнечной радиации, поглощаемой поверхностью земли, и тепла, притекающего из глубоких слоев почвы. Полное оттаивание почвы в среднем наблюдается 9 апреля. Самая ранняя дата полного оттаивания отмечалась 1 марта 1961 г., а самая поздняя — 28 апреля 1949 г.

## 5. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ

### 5.1. Влажность воздуха

Режим влажности воздуха формируется под влиянием атмосферной циркуляции, радиационного режима и подстилающей поверхности. Большое влияние на влажность воздуха оказывают местные условия: водные объекты, растительность и др.

Влажность воздуха характеризуется упругостью водяного пара, дефицитом влажности (недостатком насыщения), т. е. разностью между насыщающей и фактической упругостью, и относительной влажностью. Единица упругости пара и дефицита влажности (как и давления) в системе СИ — паскаль ( $1 \text{ гПа} = 1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм рт. ст.}$ ). Годовой ход этих характеристик (рис. 16, табл. 56) параллелен ходу температуры воздуха.

Содержание влаги в воздухе зависит от того, где формируются воздушные массы, приходящие в данный район. Воздушные массы с Атлантики несут большое количество водяного пара; воздух, приходящий с востока, как правило, сухой. Поэтому при одной и той же температуре упругость водяного пара может быть различной. Так, в Гродно в 14 ч 4 августа 1959 г. при температуре воздуха  $21,7^\circ\text{C}$  и северо-северо-восточном ветре упругость водяного пара равнялась  $20,9 \text{ гПа}$ , а 14 августа при той же температуре и юго-восточном ветре  $9,1 \text{ гПа}$ .

Суточный ход упругости водяного пара отчетливо выражен в теплое полугодие. Перед восходом солнца она минимальна, затем возрастает вследствие увеличения испарения и достигает максимума через несколько часов после восхода. При усилении процессов турбулентности и конвекции, которые переносят водяной пар из приземного слоя в более высокие слои, упругость водяного слоя у земли начинает падать и после полудня достигает минимума. Второй максимум упругости наступает вечером. Дефицит влажности достигает минимума в послеполуденные часы (табл. 57).

Большой практический интерес представляет относительная влажность, отражающая степень насыщения воздуха водяным паром. Она равна отношению фактической упругости водяного пара к максимально возможной при данной температуре, т. е. к упругости насыщенного пара. Последняя быстро увеличивается с ростом температуры, поэтому годовой и суточный ход

относительной влажности приблизительно противоположны ходу температуры воздуха. Минимум относительной влажности приходится на май (см. табл. 56), т. е. на два месяца опережает наступление максимума температуры вследствие увеличения упругости водяного пара от мая к июлю.

Зимой амплитуда суточного хода относительной влажности, как и температуры, невелика, летом она превышает 30 % (см.

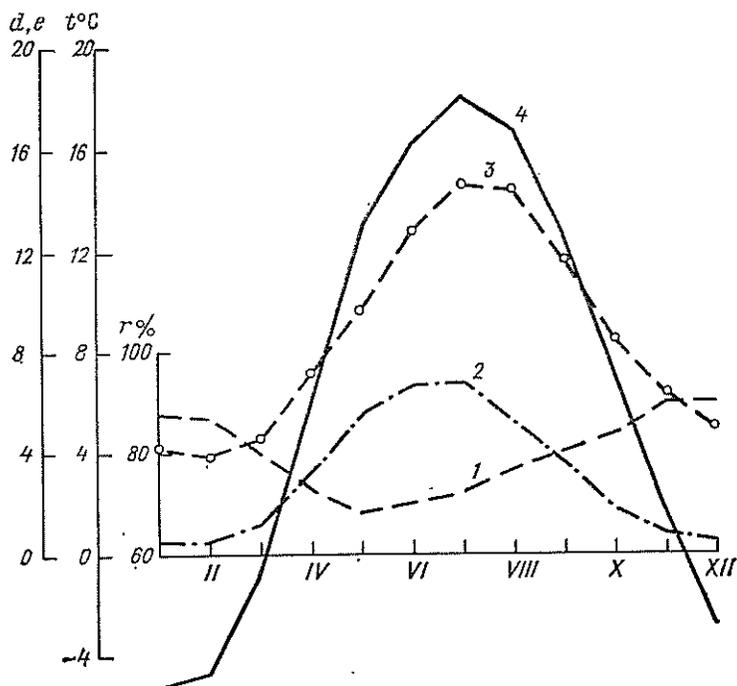


Рис. 16. Годовой ход характеристик влажности и температуры воздуха.

1 — относительная влажность  $r$  %; 2 — недостаток насыщения  $d$  гПа; 3 — упругость водяного пара  $e$  гПа; 4 — температура воздуха  $t$  °C.

табл. 57). Минимум относительной влажности приходится на те же часы, что и максимум температуры.

Относительная влажность воздуха в 14 ч близка к суточному минимуму (табл. 58) и летом служит косвенной характеристикой испаряемости.

Относительная влажность от года к году сильно изменяется, особенно в дневное время. Так, относительная влажность воздуха днем в мае 1971 г. в среднем за месяц была 38 %, в течение 10 дней — менее 30 %, а 2 мая она понизилась до 23 %. В мае 1962 г. минимальная относительная влажность составила 44 %, в течение 12 дней в 14 ч она была 80 % и выше, а в отдельные дни доходила до 95—98 %.

Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средних месячных и годовых характеристик  
влажности воздуха и их средние квадратические отклонения

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Упругость водяного пара $e$ , гПа													
$e_{ср}$	4,2	3,9	4,6	7,2	9,7	12,8	14,6	14,4	11,6	8,5	6,4	5,0	8,6
$e_{макс}$	5,9	5,8	6,4	9,2	12,8	14,2	18,4	16,4	13,1	10,7	8,3	6,8	9,5
Год	1975	1974	1961	1962	1931	1964	1932	1932	1932	1967	1928	1960	1932
$e_{мин}$	2,3	1,6	2,7	4,9	8,3	9,9	12,1	12,3	10,2	6,5	4,6	3,0	7,9
Год	1963	1929	1952	1929	1965	1928	1971	1971	1959	1946	1956	1969	1969
$\sigma$	0,9	1,2	0,9	0,8	1,1	1,0	1,3	1,0	0,8	1,0	0,8	0,9	0,4
Дефицит влажности $d$ , гПа													
$d_{ср}$	0,5	0,5	1,2	3,2	5,6	6,7	6,8	5,3	3,6	1,8	0,8	0,5	3,0
$d_{макс}$	0,9	1,0	2,1	4,7	8,3	9,8	9,7	10,8	5,5	2,9	1,3	0,9	3,9
Год	1975	1975	1974	1957	1947	1964	1963	1971	1975	1949	1969	1971	1971
$d_{мин}$	0,2	0,4	0,6	1,7	2,8	4,8	4,0	3,6	2,3	0,9	0,4	0,2	2,2
Год	1963	1968	1964	1958	1962	1948	1974	1960	1962	1952	1966	1969	1962
$\sigma$	0,2	0,2	0,5	0,8	1,3	1,3	1,5	1,6	1,0	0,5	0,2	0,2	0,4
Относительная влажность $r$ , %													
$r_{ср}$	88	87	80	73	68	70	72	77	80	84	90	90	80
$r_{макс}$	92	93	86	82	80	78	81	84	86	91	95	95	84
Год	1963	1961	1966	1964	1962	1948	1960	1960	1940	1960	1960	1958	1962
$r_{мин}$	79	75	71	66	57	63	62	60	68	75	83	84	77
Год	1972	1969	1957	1961	1947	1964	1971	1971	1975	1949	1953	1946	1971
$\sigma$	3,2	4,2	4,2	4,4	5,0	3,6	4,7	5,1	3,8	3,8	2,9	2,4	2,0

## Характеристики влажности в разные часы суток

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Упругость водяного пара $e$ , гПа												
2	4,1	3,8	4,5	7,1	9,6	12,7	14,5	14,2	11,5	8,4	6,4	5,0
8	4,1	3,8	4,3	7,1	9,9	13,1	14,9	14,4	11,3	8,1	6,3	4,9
14	4,3	4,1	4,7	6,9	9,4	12,5	14,1	14,1	11,6	8,7	6,5	5,1
20	4,2	4,0	4,7	7,5	10,0	13,1	14,9	14,8	12,1	8,8	6,5	5,0
Дефицит влажности $d$ , гПа												
2	0,5	0,4	0,7	1,5	2,5	2,7	2,8	2,1	1,6	1,0	0,6	0,5
8	0,4	0,3	0,6	1,4	3,1	4,0	3,5	2,3	1,3	0,7	0,5	0,4
14	0,7	0,8	2,1	6,1	9,7	11,5	12,0	10,3	7,7	3,6	1,2	0,7
20	0,5	0,6	1,4	4,0	7,1	8,6	8,7	6,4	3,8	1,8	0,7	0,5
Относительная влажность воздуха $r$ , %												
2	89	89	85	83	79	83	85	88	90	90	92	91
4	89	90	87	86	84	87	88	91	92	91	92	91
6	90	90	88	88	86	88	89	92	93	92	92	91
8	90	90	88	87	81	81	84	90	92	92	93	92
10	90	90	85	78	69	70	72	80	85	89	92	91
12	88	88	78	66	59	60	62	68	72	81	90	90
14	86	84	73	59	53	55	57	62	65	73	86	88
16	85	81	69	56	51	54	55	59	62	71	85	88
18	86	82	70	58	53	55	57	61	65	75	88	89
20	88	86	75	64	57	60	62	68	74	82	90	90
22	88	87	80	73	68	70	73	79	83	86	91	90
24	89	88	83	79	75	78	81	85	87	88	91	90
Суточная амплитуда	5	9	19	32	35	34	34	33	31	21	8	5

Таблица 58

## Повторяемость (%) относительной влажности воздуха в 14 ч в разных пределах

Влажность, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10... 19				0,2	0,2							
20... 29			0,2	5,4	7,9	2,9	1,2	0,4	0,2	0,4		
30... 39	0,3		3,0	13,6	24,1	17,8	8,7	4,0	2,8	2,4	0,4	
40... 49		0,3	9,0	22,1	22,9	23,3	24,6	22,1	19,4	4,5	0,8	1,3
50... 59	0,5	1,2	18,5	18,8	15,8	21,0	25,4	28,1	23,4	15,7	4,0	1,1
60... 69	6,5	12,1	20,1	13,4	11,5	12,8	16,3	16,0	21,7	20,0	8,6	5,6
70... 79	17,7	28,9	19,6	8,3	8,9	9,4	12,5	15,2	15,3	20,8	14,4	10,0
80... 89	32,4	27,7	16,4	11,1	6,3	8,8	5,9	6,5	10,8	19,5	25,0	24,8
90... 100	42,6	29,8	13,2	7,1	2,4	4,0	5,4	7,7	6,4	16,7	46,8	57,2

Таблица 59

Число дней с относительной влажностью воздуха  $r \leq 30\%$  в один из сроков наблюдений и  $r \geq 80\%$  в 14 ч

r, %	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\leq 30$	0,0	0,0	0,1	2,0	2,9	1,0	0,6	0,4	0,4	0,2	0,0	0,0	7,6
$\geq 80$	23,4	16,8	10,3	5,9	3,4	3,9	3,2	4,6	5,8	11,0	21,0	25,0	134,3

Относительная влажность 80 % и более в утренние и ночные часы — обычное явление для Гродно в течение всего года (см. табл. 57). Днем она значительно ниже. День с влажностью в 14 ч (время вблизи минимума) 80 % и выше считают влажным. Влажные дни чаще всего наблюдаются с ноября по февраль (табл. 59). Максимальное число влажных дней за год (193) наблюдалось в Гродно в 1966 г., минимальное (105) — в 1952 г.

Значительно изменяется и число влажных дней за месяц. Например, в январе 1968 г. таких дней было 29, а в 1972 г. — только 12.

В Гродно очень мало сухих дней, т. е. дней, когда относительная влажность воздуха хотя бы в один из сроков не превышает 30 %; причем треть из них приходится на май (см. табл. 59). За период наблюдений максимум годового числа сухих дней (35) наблюдался в 1971 г., когда довольно частые прохождения антициклонов обусловили в основном теплую сухую погоду летом, особенно в мае (13 дней). Примерно один раз в 4 года годовое количество сухих дней не превышает 5, а в 1962 г. вообще не было ни одного сухого дня.

Число сухих дней за месяц сильно колеблется от года к году. Вероятность того, что оно будет больше четырех, составляет в мае приблизительно 30 %, в июне — сентябре 5 %. Примерно один раз в 20 лет в мае бывает больше 8 сухих дней.

## 5.2. Атмосферные осадки

Количество осадков определяется толщиной (мм) слоя выпавшей воды. При дожде, давшем 1 мм осадков, на каждый квадратный метр поверхности приходится по литру воды, а на гектар — 10 т.

На метеорологических станциях в настоящее время осадки измеряют осадкомерами, установленными на высоте 2 м. Данные измерений по дождемеру (в Гродно такие измерения проводились до 1950 г.) приведены к показаниям осадкомера.

Осадкомер не является вполне совершенным и достаточно точным прибором для измерения осадков, так как часть снега выдувается из измерительного ведра, образующиеся вокруг осадкомера завихрения воздушного потока препятствуют попаданию в ведро снежинок и капелек, вследствие смачивания пленка воды удерживается дном и стенками осадкомерного ведра и поэтому не учитывается при измерении, осадки частично испаряются за время между сроками измерений. В результате возникают значительные потери.

Вопрос о поправках к измеренному количеству осадков еще не решен окончательно, поэтому при выборе экстремальных сумм, вычислении повторяемостей, сравнении данных за разные годы используют несправленные данные об осадках. В табл. 60 наряду с несправленными средними многолетними

суммами приведены суммы с поправками на смачивание и с поправками на смачивание и выдувание.

Таблица 60

Среднее количество осадков (мм)

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI—III	IV—X	Год
Без введения поправок															
1-я декада	10	10	9	11	13	25	24	26	17	12	13	12			
2-я декада	10	10	9	11	14	26	22	27	14	11	14	11			
3-я декада	9	10	10	13	18	26	24	25	13	12	13	11			
Месяц	29	30	28	35	45	77	70	78	44	35	40	34	161	384	545
С поправками на смачивание															
Месяц	32	33	32	40	49	82	74	82	48	41	46	39	182	416	598
С поправками на смачивание и выдувание															
Месяц	44	45	39	42	50	83	76	83	49	42	52	50	230	425	655

По количеству выпадающих осадков Гродно относится к зоне достаточного увлажнения. Основное количество осадков связано с циклонической деятельностью. Осадки конвективного характера даже летом составляют небольшую долю.

Из годового количества осадков примерно  $\frac{1}{3}$  приходится на холодный (ноябрь—март), а  $\frac{2}{3}$  на теплый (апрель—октябрь) период.

От года к году существенно изменяются как месячные (рис. 17, табл. 61), так и годовые суммы осадков. В наиболее дождливом (за имеющийся ряд наблюдений с 1894 г.) 1970 г. выпало 870 мм, а в наиболее сухом 1904 г. 377 мм.

Относительная изменчивость месячных сумм осадков велика как летом, так и зимой — коэффициент вариации равен 40—60%. В июле 1957 г. выпало 203 мм — почти три нормы осадков, тогда как в июле 1952 г. осадки составили лишь 12 мм (17% от нормы). В январе 1928 г. выпало 64 мм — более двух норм, а в 1927 и 1932 гг. только 5 мм (17% нормы). Самым дождливым месяцем за весь период наблюдений был июль 1957 г., когда сумма осадков составила 203 мм, т. е. почти 3 нормы. Самые засушливые месяцы за этот же период — сентябрь 1904 г. и октябрь 1953 и 1962 гг., когда количество осадков составило всего 2 мм.

В сутки с осадками 0,1 мм и более в среднем выпадает следующее количество осадков:

Месяц . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	X
Осадки, мм	1,7	1,9	2,3	2,7	3,5	5,7	5,0	5,5	3,6	3,0	2,4	2,0

Таблица 61

Повторяемость (%) отклонений месячных сумм осадков от средних значений

Отклонение суммы осадков, мм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Меньше нормы												
1... 20	49	50	47	28	33	19	13	15	28	31	46	56
21... 40	6	7	11	14	14	23	30	18	23	18	12	7
41... 60						12	9	15	2			
61... 80								7				
Больше нормы												
0... 20	38	37	28	46	30	23	29	24	29	31	22	20
21... 40	7	4	12	12	19	5	7	7	12	9	13	12
41... 60		2	2		2	11	5	9		9	7	5
61... 80					2	5	5		3			
81... 100						2		3				
101... 120								2	3	2		
121... 140							2					
141... 160												

В зависимости от погодных условий отдельных лет распределение количества осадков в течение года также может существенно меняться. Наибольшее за год месячное количество осадков приходилось на любой месяц, кроме февраля, марта и ноября, а наименьшее — на все месяцы, кроме июня (табл. 62).

Таблица 62

Повторяемость (%) годового максимума и минимума осадков по месяцам

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимум	2			2	5	24	26	33	4	2		2
Минимум	8	17	21	13	2		2	8	8	11	4	6

Вероятность того или иного количества осадков за месяц приведена в табл. 63. Так, например, 10 %-ную обеспеченность

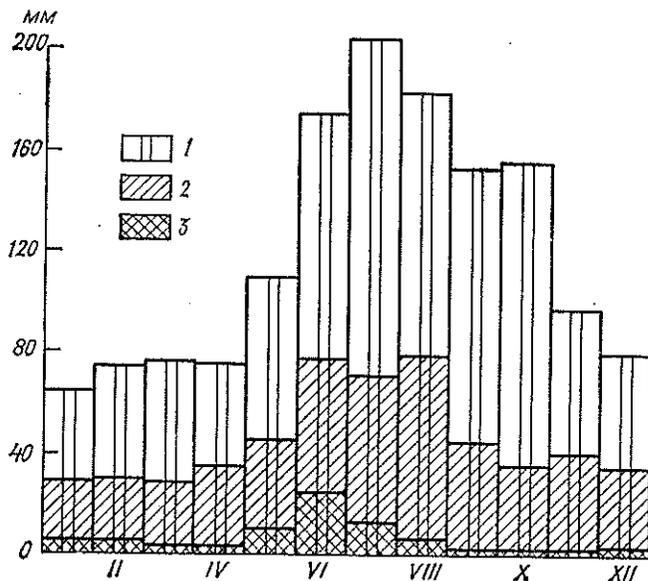


Рис. 17. Наибольшая (1), средняя (2) и наименьшая (3) месячная сумма осадков.

Таблица 63

Наибольшие и наименьшие месячные и годовые суммы осадков и суммы различной обеспеченности

Месяц	Наблюдаемый максимум мм, год	Вероятность (%) сумм осадков, больших или равных указанным в таблице значениям						Наблюдаемый минимум мм, год
		2	5	10	80	90	95	
I	64 1900, 1928	72	59	50	16	12	8	5 1932
II	74 1910	78	62	52	17	13	10	5 1972
III	76 1958	73	61	51	14	9	6	3 1904
IV	74 1945	76	66	59	20	14	10	3 1974
V	109 1948	104	89	76	26	21	16	10 1947
VI	174 1894	170	148	131	44	33	26	24 1905
VII	203 1957	186	149	124	39	28	20	12 1952
VIII	182 1932	186	153	131	44	32	24	6 1973
IX	152 1957	138	106	84	21	14	8	2 1904
X	155 1974	94	78	66	15	8	5	2 1962, 1953
XI	97 1950	96	82	71	22	15	11	2 1902
XII	79 1974	81	70	60	18	12	8	3 1927
Год	870 1970	790	720	670	470	445	410	377 1904

в июле имеет месячная сумма осадков 124 мм. Это означает, что в 10 % лет (в среднем один раз в 10 лет) сумма осадков будет не меньше 124 мм, а в 90 % — меньше этого количества.

Наибольшие суточные количества осадков наблюдаются с июня по август, т. е. в месяцы выпадения максимального количества осадков в году (табл. 64). Как видно из табл. 64, в июле один раз в 5 лет можно ожидать суточный максимум 30 мм и более, а один раз в 20 лет — 49 мм и более. В зимние месяцы, когда общее влагосодержание мало, максимумы суточного количества осадков сравнительно невелики и составляют 7—8 мм. В январе один раз в 5 лет суточный максимум превышает 9 мм, а один раз в 20 лет составляет 15 мм или более.

Таблица 64

Максимумы суточного количества осадков (мм) различной обеспеченности

Месяц	Средний максимум	Обеспеченность, %						Наблюдаемый абсолютный максимум		
		63	20'	10	5	2	1	мм	дата	год
I	7	5	10	12	15	18	21	18	29	1903
II	7	5	9	11	14	17	20	17	26	1931
III	8	6	10	14	17	24	32	25	21	1901
IV	12	9	17	21	24	28	30	27	18	1926
V	15	11	21	27	33	40	46	53	21	1977
VI	23	16	30	38	48	65	85	87	7	1901
VII	23	16	30	39	49	66	84	110	19	1957
VIII	25	16	35	47	60	79	94	80	5	1950
IX	13	9	17	22	28	37	45	38	22	1950
X	11	7	16	21	26	33	39	45	5	1978
XI	10	7	14	18	22	27	32	26	15	1950
XII	8	6	10	13	16	20	25	18	2	1954
Год	39	28	50	66	84	110	130	110	19	1957

Таблица 65

Число дней с разным количеством осадков

Месяц	Следы (<0,05 мм)	Количество осадков, мм						
		≥0,1	≥0,5	≥1,0	≥5,0	≥10,0	≥20,0	≥30,0
I	5,1	17,2	11,8	8,8	1,1	0,2		
II	4,3	16,0	11,4	9,0	1,4	0,2		
III	3,9	12,4	8,9	6,8	2,0	0,2	0,05	
IV	2,8	12,9	10,4	8,6	2,4	0,7	0,1	
V	2,2	12,9	10,2	8,2	3,2	0,8	0,2	0,1
VI	2,8	13,6	11,9	10,3	5,1	3,2	0,8	0,3
VII	2,8	14,1	11,8	10,3	4,6	2,3	0,8	0,3
VIII	2,1	14,2	11,5	10,5	4,5	2,2	0,9	0,4
IX	3,8	12,3	10,0	8,7	3,4	1,5	0,2	0,04
X	4,1	11,7	8,9	7,3	2,1	0,8	0,1	0,02
XI	4,9	16,4	12,3	9,7	2,9	0,7	0,1	
XII	5,1	17,2	12,0	8,7	1,8	0,2		
Год	44	171	131	107	34	13	3	1

Суточное количество осадков косвенно характеризует их интенсивность. Зимой осадки менее интенсивны, чем в теплый период года. Непосредственные данные об интенсивности дождей (мм/мин) получают по самописцу дождя (плювиографу). По лентам плювиографа определяют среднюю интенсивность для интервалов времени различной продолжительности.

За период 1958—1965 гг. наблюдались следующие максимальные значения интенсивности дождя:

Интервал времени . . .	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин	1 ч	12 ч	24 ч
Интенсивность, мм . . .	1,7	1,4	0,8	0,6	0,3	0,04	0,02

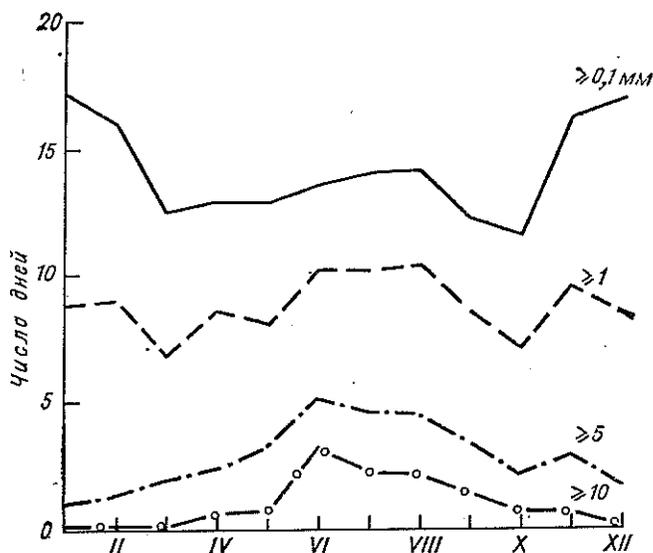


Рис. 18. Годовой ход среднего числа дней с разным количеством осадков.

Эти максимумы наблюдались 22 июня 1964 г. (два последних также 14 июня 1965 г.).

Сумма осадков за сутки округляется до десятых долей миллиметра (причем 0,05 мм округляется в большую сторону). Поэтому в табл. 65, где приведено число дней с осадками, все дни с количеством осадков 0,05 мм и более отнесены к графе « $\geq 0,1$  мм». Среднее число таких дней — 171, в 1967 г. их было 204, а в 1953 г. — всего 130. Годовой ход среднего числа дней с разным количеством осадков показан на рис. 18.

В табл. 66 приведено среднее число дней с осадками разного вида (при общем количестве осадков за сутки не меньше 0,1 мм). При этом днем со смешанными осадками считается

Число дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками

Осадки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Твердые	10,3	10,2	7,0	1,5							2,9	6,5	38
Жидкие	2,1	2,2	2,7	9,3	12,1	13,6	14,1	14,2	12,3	11,0	9,2	6,2	109
Смешанные	4,8	3,6	2,7	2,1	0,8					0,7	4,3	4,5	24

такой, в течение которого выпадали и жидкие и твердые осадки или мокрый снег. Из общего количества осадков за год 64 % приходится на дни с жидкими, 22 % — на дни с твердыми и

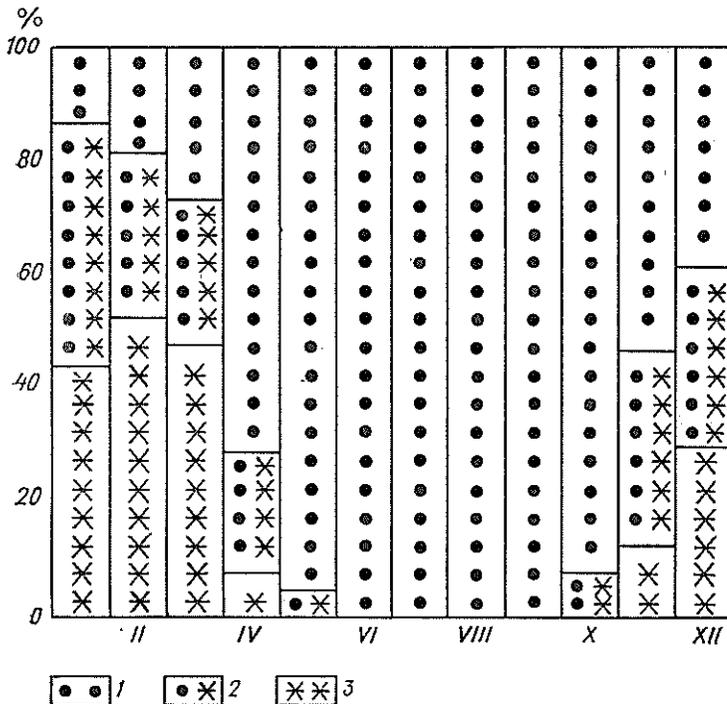


Рис. 19. Распределение осадков между днями с жидкими (1), смешанными (2) и твердыми (3) осадками.

14 % — на дни со смешанными осадками. Распределение осадков между такими днями для каждого месяца показано на рис. 19.

Годовой ход продолжительности осадков противоположен годовому ходу их количества (рис. 20). Суммарная продолжи-

тельность осадков зимой почти в три раза больше, чем летом. Продолжительность их выпадения по месяцам составляет:

Продолжительность, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя	149	145	108	82	55	62	47	57	54	65	139	144	1107
Максимальная	256	215	240	149	123	145	88	118	137	149	234	300	1422

Средняя продолжительность осадков в день с осадками также зависит от времени года:

Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Время, ч. . . . .	8,7	9,1	8,7	6,4	4,3	4,6	3,3	4,0	4,4	5,6	8,5	8,4

При подсчете средней продолжительности в день с осадками периоды со следами осадков не учитывались.

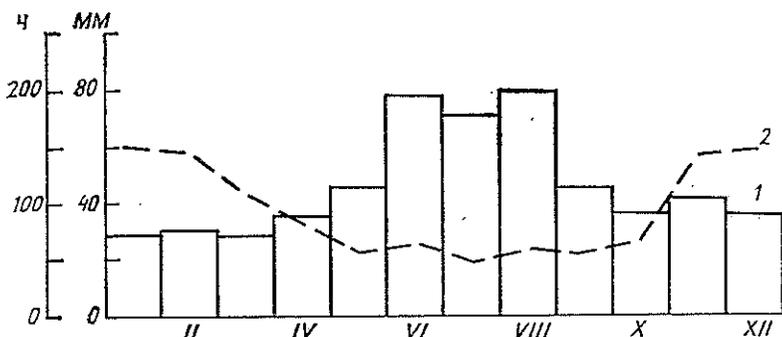


Рис. 20. Среднее месячное количество осадков (1) и их продолжительность (2).

В Гродно сравнительно часто наблюдаются резко выраженные дождливые и засушливые периоды (табл. 67). Дождливым считается период, в течение которого осадки выпадают ежедневно или с перерывами не более одного дня, а их суточная сумма не менее 1 мм. Сухим считается такой период, в течение которого все дни были без осадков или с осадками менее 1 мм. При этом считается, что один день даже с существенными осадками не прерывает течения сухого периода, если при делении суммы осадков за этот день на число прошедших сухих дней получается не более 0,5 мм.

В мае—июне 1951 г. сухой период длился 34 дня, в сентябре—октябре 1949 г. 54 дня, в сентябре—октябре 1951 г. 59 дней. Наиболее длительные дождливые периоды отмечались в июле 1974 г. (15 дней) и в октябре 1974 г. (18 дней).

Среднее число сухих (1) и дождливых (2) периодов в теплое время года

Месяц	Период	Продолжительность периода, дни					
		2—5	6—10	11—15	16—20	21—30	>30
IV	1	1,2	0,9	0,6	0,1	0,1	
	2	2,2	0,4	0,1	0	0	
V	1	1,3	0,8	0,4	0,4	0,1	
	2	2,6	0,2	0	0	0	
VI	1	1,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1
	2	1,9	0,6	0,2	0	0	0
VII	1	2,2	0,4	0,3	0,1		0,1
	2	2,1	0,9	0,1	0		0
VIII	1	1,6	0,7	0,3	0,1	0,2	
	2	2,2	0,5	0,1	0	0	
IX	1	1,4	0,9	0,1	0,2	0,1	0,1
	2	1,9	0,6	0,2	0	0	0
X	1	1,7	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1
	2	1,8	0,4	0,1	0	0	0
IV—X	1	11	5	2	1	0,8	0,4
	2	15	4	0,8	0	0	0

При проектировании могут представлять интерес сведения об увлажнении стен косыми дождями. В районе Гродно на вертикальную поверхность попадает в среднем около половины количества жидких осадков, выпадающих на горизонтальную поверхность.

### 5.3. Снежный покров

В Гродно чаще всего первый снег выпадает в конце октября и первой декаде ноября. В это время температура воздуха еще достаточно высокая и снежный покров или вовсе не образуется или залегает непродолжительное время. Самое раннее выпадение первого снега было отмечено 11 октября 1965 г., самое позднее — 21 ноября 1963 г.

Днем со *снежным покровом* считается день, когда более половины видимой окрестности покрыто снегом. Степень покрытия определяется визуально ежедневно в утренний срок наблюдений. Самое раннее появление снежного покрова наблюдалось 21 октября 1908 г., самое позднее — 13 декабря 1894 г., средняя дата — 16 ноября.

Первый снежный покров, как правило, неустойчив, при оттепелях обычно сходит. Лишь к концу второй декады декабря устанавливается устойчивый снежный покров. Снежный покров принято считать устойчивым, если он лежал не менее 30 дней,

при этом в начале зимы перерыву в один день должно предшествовать залегание снежного покрова не менее 5 дней, перерыву в 2—3 дня — не менее 10 дней. Соответствующие соотношения должны быть выдержаны и в конце зимы.

В табл. 68 проведено сравнение дат образования, разрушения и продолжительности периода с устойчивым снежным покровом в Гродно и нескольких других городах.

Таблица 68

Период с устойчивым снежным покровом

	Гродно	Брест	Минск	Витебск
Средняя дата образования	20 XII	29 XII	12 XII	8 XII
Средняя дата разрушения	11 III	5 III	24 III	30 III
Продолжительность, дни	82	66	102	112

В зависимости от условий погоды даты образования устойчивого снежного покрова и его разрушения могут от года к году значительно изменяться. Так, в 1909-10 г. устойчивый снежный покров образовался в середине ноября, а в 1950-51 г. только в середине февраля. Самая ранняя дата его образования 17 ноября 1909 г., самая поздняя — 15 февраля 1951 г. Устойчивый снежный покров в 20 % зим в Гродно не наблюдается (в Минске в 4 %, в Бресте в 21 %, в Витебске в 3 % зим).

В Гродно устойчивый снежный покров разрушается в среднем на 10 дней раньше перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C, в Минске на 4 дня раньше, в Витебске на один день позже. Объясняется это тем, что в Гродно высота снежного покрова значительно меньше, и снег исчезает с первой весенней оттепелью, в то время как в Витебске для таяния больших запасов снега требуется некоторое время с положительной температурой воздуха.

Сходит снежный покров 27 марта. Самая ранняя дата его схода наблюдалась 2 марта 1946 г., самая поздняя — 30 апреля 1912 г. Самое позднее выпадение последнего снега наблюдалось 3 мая 1965 г.

В городе снежный покров сходит неодновременно. В скверах и парках снег сохраняется на одну-полторы недели дольше, чем на открытом месте.

В Гродно дней со снежным покровом в среднем 86 (в Минске 115, в Гомеле 107, в Бресте 74, в Витебске 122). По декадам они распределяются следующим образом:

Месяц . . .	X	XI	XII	I	II	III	IV
Декада . .	3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
Число дней	0,2	1 2 4	4 5 6	7 9 10	8 8 6	6 5 3	1 0,2 0,2

В холодные годы продолжительность залегания снежного покрова достигала 116 дней (1955-56), а в теплую зиму 1960-61 г. составила всего 46 дней.

Для характеристики *высоты снежного покрова* обычно используют так называемую декадную высоту: при наблюдениях по трем постоянным снегомерным рейкам на метеоплощадке — среднюю высоту за декаду из ежедневных наблюдений (табл. 69), при снегосъёмках — высоту на последний день декады.

Таблица 69

Средняя декадная высота снежного покрова (см) на метеоплощадке (по постоянной рейке)

X	XI		XII			I			II			III			IV			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
.	.	.	2	2	3	4	5	6	7	8	11	12	10	6	3	.	.	.

Примечание. Точка (·) означает, что снежный покров наблюдается менее чем в 50 % лет.

В табл. 70 приведена повторяемость высоты снежного покрова по декадам.

Таблица 70

Повторяемость (%) высоты снежного покрова по декадам (по снегомерной рейке на метеоплощадке)

Высота, см	X		XI			XII			I			II			III			IV				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
0				89	86	73	64	58	39	30	19	14	9	11	9	17	23	36	55	82	97	100
1-5				11	14	25	22	22	39	42	39	36	36	34	29	21	28	28	27	12	3	
6-10					2	6	14	16	16	30	36	33	23	9	12	10	12	6	6			
11-20						6	6	6	12	12	14	16	26	37	30	15	12	12				
21-30						2							6	6	16	14	18	12				
31-40															6	6						

Средняя из наибольших за зиму декадных высот снежного покрова составляет 17 см (по снегомерной рейке). В много-снежные годы наибольшая высота может превышать 30 см. За все годы наблюдений наибольшая высота снежного покрова (42 см) отмечена зимой 1969-70 г. В зимы 1974-75, 1975-76 гг. высота снежного покрова не превышала 2 см. Повторяемость зим с различной наибольшей декадной высотой снежного покрова имеет следующие значения:

Высота, см . . . . .	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Повторяемость, % . . . . .	30	39	25	4	2

Приведем также значения наибольшей декадной высоты снежного покрова (см), соответствующие заданной обеспеченности:

Обеспеченность, % . . . . .	95	90	75	50	25	10	5
Высота, см . . . . .	3	5	10	17	25	30	32

При средней из наибольших декадных высот за зиму, равной 17 см, в 95 % зим она бывает 3 см и более, а в 5 % зим — 32 см и более. Иными словами, один раз в 20 лет высота снежного покрова может быть выше 32 см или ниже 3 см.

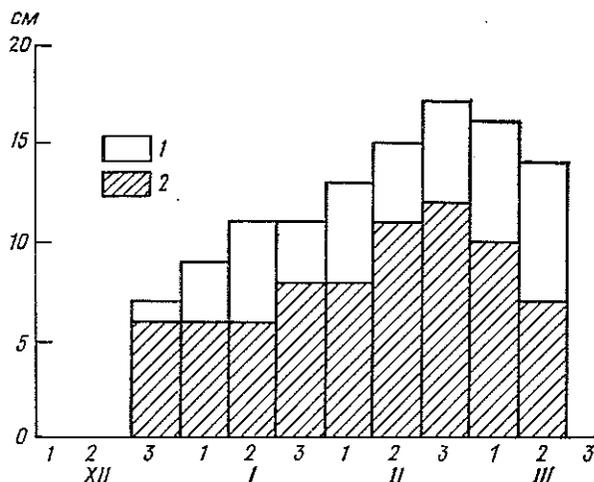


Рис. 21. Высота снежного покрова по декадам в лесу (1) и на поле (2).

Наблюдения на полевых и лесных участках характеризуют условия залегания снежного покрова в окрестностях Гродно (рис. 21).

Высота снежного покрова в лесу значительно больше, чем в поле, вследствие меньшего влияния ветра.

Под воздействием ветра, оттепелей и собственного веса снега плотность его в течение зимы постепенно увеличивается. В среднем за зиму она составляет 0,22 г/см<sup>3</sup>.

Запас воды в снеге представляет собой слой воды, который образовался бы на поверхности земли, если бы снежный покров растаял. По запасу воды в снеге судят о возможной величине весеннего половодья и о влагообеспеченности почвы.

По данным снегосъемок в поле вблизи города средний из наибольших за зиму запас воды в снеге составляет 43 мм, а средние значения запасов воды на конец каждой декады следующие:

Месяц . . . . .	I			II			III	
Декада . . . . .	1	2	3	1	2	3	1	2
Запас воды, мм . . . . .	14	14	18	18	22	25	22	15

## 6. ОБЛАЧНОСТЬ И АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 6.1. Облачность

При характеристике облачности обычно рассматривается количество ее на небосводе, форма облаков и высота их нижней границы. Количество облачности определяется визуально по 10-балльной шкале. Облачность 6 баллов означает, что 0,6 неба покрыто облаками и т. д. Присутствие на небосводе облаков в количестве 0—2 балла характеризует ясное состояние неба, 3—7 баллов — полужасное, 8—10 баллов — пасмурное. Отдельно указывается количество общей облачности, куда входят все формы облаков, и нижней, куда входят облака, нижняя граница которых расположена ниже 2000 м.

Нижняя облачность играет большую роль в формировании облачного покрова над Гродно, как и над всей Белоруссией в целом. Ее доля в общем количестве облаков, покрывающих небо, составляет в среднем за год 80 %, а по месяцам выражается следующими числами (%):

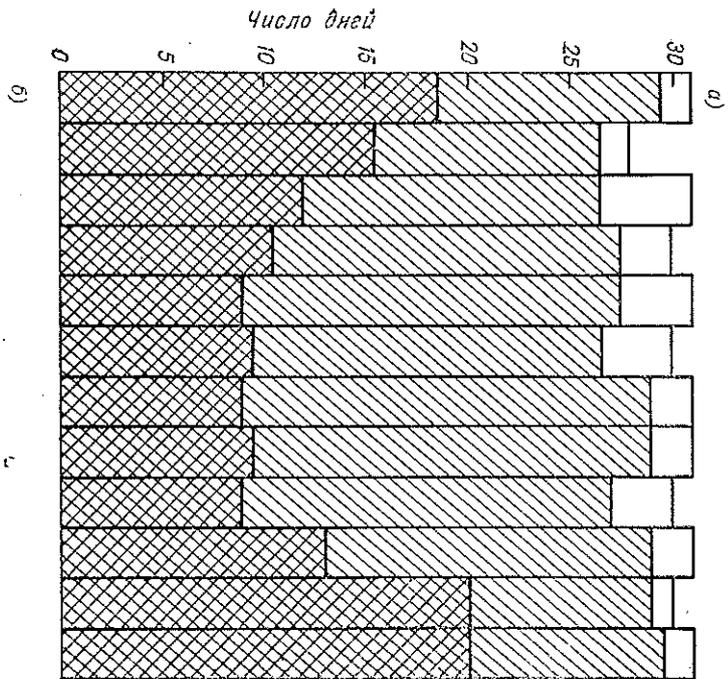
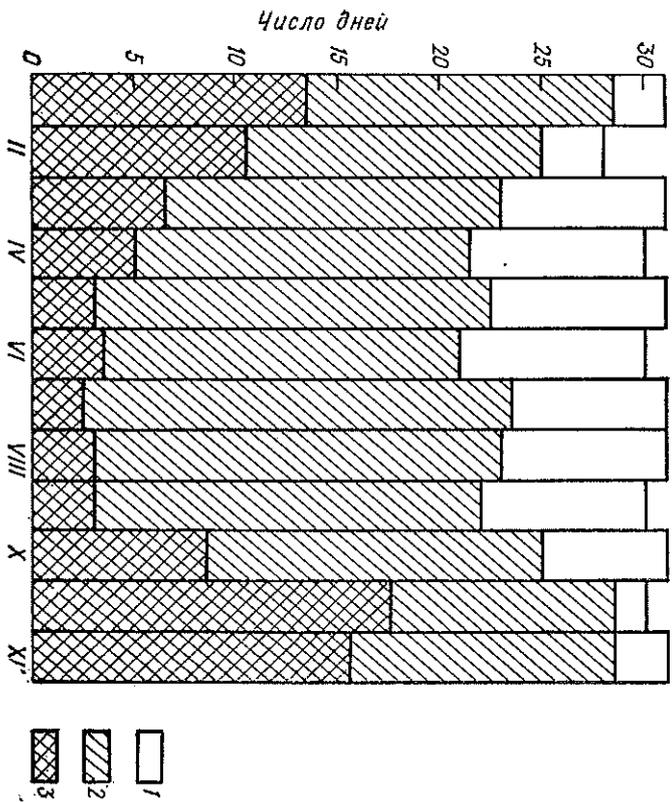
Месяц . . . . .	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Нижняя облач- ность, % . . . . .	89	87	77	72	71	71	69	69	72	83	92	91

В табл. 71 приведены средние многолетние (нормы) повторяемости трех градаций количества облачности.

Таблица 71

Повторяемость (%) ясного (0—2 балла), полужасного (3—7 баллов) и пасмурного (8—10 баллов) состояния неба

Балл	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Общая облачность												
0—2	17	21	32	32	32	31	29	29	33	25	11	15
3—7	6	6	8	11	19	20	22	21	15	12	5	4
8—10	77	73	60	57	49	49	49	50	52	63	84	81
Нижняя облачность												
0—2	28	33	51	51	52	51	49	49	53	40	18	23
3—7	3	5	6	10	16	17	19	18	12	10	6	4
8—10	69	62	43	39	32	32	32	33	35	50	76	73



Значительная общая и нижняя облачность над Гродно связана обычно с атмосферными фронтами. В связи с усилением циклонической деятельности, обуславливающей частое прохождение фронтов, количество облачности, начиная с осени, увеличивается, достигая максимума в конце осени — начале зимы. По нижней облачности в холодное полугодие преобладает пасмурное состояние неба, а в теплое — ясное, по общей — пасмурное в течение всего года (см. табл. 71).

Приведенные многолетние средние данные характеризуют лишь основные закономерности годового хода облачности. В отдельные же годы режим облачности нередко существенно изменяется. В одни годы в некоторые месяцы сохраняется преимущественно ясная погода, в другие годы в те же месяцы — наоборот, пасмурная. Так, например, в январе 1951 г. повторяемость ясного неба по общей облачности составляла 32 %, а в январе 1959 г. — 7 %. В том же месяце повторяемость пасмурного состояния неба составляла в 1941 г. 62 %, а в 1959 г. 88 %. Повторяемость ясного состояния неба по общей облачности в июне — августе колеблется от 6—9 до 37—47 %, а повторяемость пасмурного состояния неба от 32—38 до 74—83 %.

Табл. 72 дает представление о разных сочетаниях нижней и общей облачности.

Таблица 72

Повторяемость (%) различных градаций нижней облачности при определенных градациях общей облачности

Нижняя облачность, балл	Повторяемость (%) различных градаций нижней облачности при определенных градациях общей облачности											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
3—7 баллов общей облачности												
0—2	30	60	50	40	40	35	40	35	40	45	25	40
3—7	70	40	50	60	60	65	60	65	60	55	75	60
8—10 баллов общей облачности												
0—2	10	11	22	24	24	22	23	25	22	14	6	9
3—7	1	3	2	7	10	15	17	11	9	5	2	1
8—10	89	86	76	69	66	63	60	64	69	81	92	90

Количество облачности во все сроки наблюдений определяет общую характеристику дня — ясный или пасмурный. Пасмурным считается день, когда сумма баллов облачности за 4 срока составляет не менее 33, ясным — день, когда эта сумма не превышает 7 баллов. Среднее число ясных и пасмурных дней приведено в табл. 73 и на рис. 22.

Рис. 22. Число ясных (1), полужасных (с переменной облачностью) (2) и пасмурных (3) дней по общей (а) и нижней (б) облачности.

Число ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности

Облачность	Число дней	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ясные дни														
Общая	Среднее	2	1	5	3	3	3	2	2	3	2	1	2	29
	Наибольшее	7	4	11	6	15	7	6	8	9	7	5	7	47 (1949)
	Наименьшее	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 (1970)
Нижняя	Среднее	3	3	8	8	9	9	8	8	8	6	2	2	74
	Наибольшее	12	8	15	15	19	13	14	18	19	18	6	8	112 (1949)
	Наименьшее	0	0	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	47 (1962)
Пасмурные дни														
Общая	Среднее	19	16	12	10	9	9	9	9	9	13	20	20	155
	Наибольшее	27	22	19	21	19	18	22	22	16	22	27	31	214 (1960)
	Наименьшее	11	9	5	3	3	4	2	2	1	5	9	14	123 (1953)
Нижняя	Среднее	13	10	7	5	3	3	3	3	3	8	17	15	90
	Наибольшее	21	19	16	17	10	8	10	9	12	15	23	24	136 (1954)
	Наименьшее	7	4	2	1	0	0	0	0	0	2	6	10	58 (1969)

Таблица 74

Средняя месячная и годовая облачность (баллы)

Облачность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Общая	7,8	7,4	6,4	6,3	5,9	5,9	6,0	6,1	6,0	6,8	8,3	8,1	6,8
Нижняя	7,1	6,4	4,9	4,7	4,3	4,3	4,5	4,5	4,4	5,7	7,7	7,3	5,5

Средние месячные и средние годовые значения для характеристики облачности используют редко. Это связано с тем, что средний балл облачности (3—7) встречается реже крайних, 0—2 и 8—10 баллов (см. табл. 71). Поэтому средняя облачность существенно отличается от преобладающей. Однако для ряда исследовательских и практических целей необходимы сведения о средней облачности (табл. 74).

Преобладающие формы облаков изменяются как в течение года (табл. 75), так и в течение суток (табл. 7. Приложения). Повторяемость в этих таблицах вычислена как отношение числа наблюдений с данной формой облаков к общему числу наблюдений за месяц. Поскольку одновременно может наблюдаться несколько форм облаков, сумма повторяемостей может превышать 100 %.

Таблица 75

Повторяемость (%) основных форм облаков

Облака	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Перистые	7	10	16	20	23	28	25	24	21	17	12	12	20
Перисто-кучевые			0,4	0,2	0,4	0,5	1	1	0,5	0,1		0,5	0,4
Перисто-слоистые	2	4	6	8	4	5	4	4	4	3	3	5	5
Высококучевые	13	14	15	17	18	22	23	25	20	19	18	15	19
Высокослоистые	18	16	12	13	10	13	13	14	13	11	13	12	13
Кучевые	0,2	0,4	2	11	16	19	20	16	11	4	1	0,3	9
Кучево-дождевые	1	1	1	3	7	9	7	7	4	2	1	1	4
Слоисто-кучевые	29	30	26	36	39	39	38	37	39	39	30	30	35
Слоисто-дождевые	19	18	12	10	4	6	4	5	6	8	17	18	10
Слоистые	24	19	11	5	3	3	3	4	5	12	33	28	12
Разорваннодождевые	11	11	6	2	5	7	6	7	7	9	15	14	9
Неба не видно из-за тумана или метели	6	6	3	2	1	1	1	2	2	6	10	12	4

## 6.2. Туманы

Туман — это скопление в приземном слое воздуха мелких неразличимых глазом водяных капелек или кристалликов льда в таком количестве, что метеорологическая дальность видимости составляет менее 1 км (метеорологической дальностью видимости называется предельное расстояние, на котором можно различить большой черный объект на фоне неба у горизонта при нормальном дневном освещении).

Для образования туманов необходима большая насыщенность воздуха водяным паром и последующее выхолаживание воздуха. В районе Гродно наиболее благоприятные условия для образования туманов создаются в холодное полугодие при переносе теплого влажного воздуха с Атлантического океана

или Средиземного моря на охлажденную подстилающую поверхность (адвективные туманы). Эти туманы образуются в любое время суток. Туманы могут возникать также в местных воздушных массах в результате охлаждения воздуха при ясной погоде в ночные и утренние часы (радиационные туманы). Кроме того, наблюдаются адвективно-радиационные туманы, возникающие как адвективные, а в дальнейшем поддерживаемые радиационным выхолаживанием.

В табл. 76 представлено среднее многолетнее число дней с туманом.

Таблица 76

Число дней с туманом

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднее	8	7	4	3	2	1	2	3	4	7	10	9	60
Наибольшее	13	16	9	11	7	4	6	9	8	13	17	16	84
Наименьшее	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	33
$\sigma$	3,5	4,1	2,9	2,6	1,8	1,0	1,5	2,2	1,6	2,9	3,8	4,3	13,1

На холодный период приходится 75 % всех туманов в году. С апреля по июль в 15—25 % лет туманы вообще не наблюдаются (табл. 77).

Таблица 77

Повторяемость (%) числа дней с туманом по месяцам

Число дней	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0			5	14	24	19	14	8				4
1—2	5	3	35	23	47	76	71	37	39	8	3	
3—6	30	48	25	53	24	5	15	50	53	48	20	17
7—10	45	29	35	5	5			5	8	32	45	40
11—14	20	10		5						12	16	26
15—18		10									16	13

Значительную изменчивость имеет число дней с туманом за год:

Число дней . . .	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90
Повторяемость, %	8	15	38	19	12	8

Распределение суммарной продолжительности туманов в году соответствует распределению числа дней с туманом. Общая продолжительность за холодный период почти в 6 раз больше, чем за теплый (табл. 78). Суточный ход туманов хорошо прослеживается в холодный период года, когда во все месяцы отмечается увеличение продолжительности туманов в утренние часы.

Таблица 78

## Суммарная продолжительность туманов (ч)

Продолжительность	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Год
Общая															
Средняя	45	37	22	16	6	3	5	9	13	39	73	74	290	52	342
Наибольшая	102	137	68	76	22	13	15	38	32	108	170	211	540	121	558
Наименьшая	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1	10	0	68	14	112
Средняя в разное время суток															
с 19 до 1 ч	9	7	4	0,9		0,2	0,02	0,01	0,6	4	14	15	53	2	55
с 1 до 7 ч	9	9	6	7	3	2	3	5	5	12	18	17	71	25	96
с 7 до 13 ч	16	15	10	8	3	1	2	4	7	20	26	24	111	25	136
с 13 до 19 ч	11	6	2	0,6					0,05	3	15	18	55	0,6	56

Таблица 79

## Повторяемость (%) туманов различной продолжительности

Продолжительность, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
≤3,0	41	46	51	48	62	82	68	59	71	40	33	33	45
3,1-6,0	25	27	25	32	33	11	29	34	15	25	25	29	26
6,1-12,0	24	18	16	17	5	7	3	7	14	26	24	21	19
12,1-18,0	7	4	4	3						4	10	7	5
18,1-24,0	1	5	4							3	5	5	3
24,1-48,0	2									2	2	5	2
>48,0											1	0,5	0,3

В табл. 79 повторяемость каждой градации выражена в процентах от числа всех наблюдавшихся в данном месяце туманов. Наибольшую повторяемость имеют туманы продолжительностью не более 3 ч. Летом продолжительность туманов не превышает 12 ч, тогда как зимой они могут продолжаться более двух суток (например, декабрь 1958 г.). Наибольшая продолжительность тумана летом была отмечена в июне 1958 г. (11 ч).

Средняя продолжительность тумана в день с туманом составляет за холодный период 6,4 ч, за теплый 3,5 ч и за год 5,7 ч (она несколько больше средней продолжительности одного тумана, поскольку в день может наблюдаться несколько туманов).

### 6.3. Гололедно-изморозевые явления

При отрицательной температуре на деревьях, проводах и опорах линий связи и электропередачи, телемачтах, подъемных кранах и других сооружениях могут образовываться гололедно-изморозевые отложения. К основным видам отложений относятся гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, налипанье мокрого снега. Гололед — это матовый или прозрачный слой льда, нарастающий на разных предметах и на поверхности земли вследствие замерзания капель переохлажденного дождя, мороси или тумана. Плотность гололеда составляет от 0,3 до 0,9 г/см<sup>3</sup>. Зернистая изморозь представляет собой снеговидный рыхлый осадок матово-белого цвета. Она образуется преимущественно в туманную ветреную погоду на деревьях и проводах вследствие замерзания переохлажденных капель тумана. Плотность зернистой изморози — от 0,1 до 0,6 г/см<sup>3</sup>. Кристаллическая изморозь — белый осадок из кристаллов льда тонкой структуры, на проводах и сучьях имеет вид пушистых гирлянд, осыпающихся при встряхивании. Образуется обычно при дымке или неплотном тумане в результате сублимации водяного пара. При изменении метеорологических условий на один вид отложения может осаждаться другой, образуя сложные отложения льда.

Гололедно-изморозевые отложения опасны для проводов связи и электропередачи, наносят ущерб транспорту и сельскому хозяйству. Они вызывают вибрацию, провисание и скручивание проводов, при большой нагрузке — обрыв проводов и поломку опор. Отложения гололеда диаметром 20 мм и более, зернистой изморози диаметром 50 мм и более (без учета диаметра провода) относят к особо опасным атмосферным явлениям.

Наблюдения за гололедно-изморозевыми явлениями на метеостанциях производятся на проводе гололедного станка диаметром 5 мм на высоте 2 м. Среднее и максимальное число дней с отложениями разного вида приведено в табл. 80. Пов-

Число дней с гололедно-изморозевыми отложениями на проводах

Вид отложения	Среднее число дней								Максимальное за зиму	Сезон
	X	XI	XII	I	II	III	IV	X-IV		
Гололед	0,3	2	4	3	2	1	0,1	12	22	1959-60
Изморозь зернистая		1	5	0,4	0,4	0,4	0,1	3	8	1952-53
Изморозь кристаллическая		0,5	2	3	3	1		10	25	1963-64
Мокрый снег					0,05			0,05	1	1959-60, 1966-67
Сложное отложение	0,1		1	1	0,2			2	8	1953-54

Повторяемость гололедно-изморозевых отложений в отдельные годы может существенно отличаться от этих средних. Наибольшее количество дней с обледенением всех видов (46 дней) наблюдалось зимой 1963-64 г.

Первые гололедно-изморозевые отложения отмечаются в городе уже в октябре. Наиболее гололедоопасными являются декабрь и январь. В течение года в среднем бывает 22 случая обледенения проводов (со всеми видами отложения). Средняя общая годовая продолжительность обледенения составляет 262 ч (в Минске 500 ч), причем 112 ч из них приходится на периоды нарастания отложений. В отдельные годы продолжительность обледенения бывает различной, например, зимой 1946-47 г. она составила 518 ч, зимой 1963-64 г. 599 ч.

Средняя продолжительность одного случая гололеда 11 ч, изморози 11 ч, сложного отложения и мокрого снега 29 ч. Однако отдельные отложения гололеда и изморози могут сохраняться на проводах более 80 ч. Так, образовавшаяся 27 декабря 1946 г. кристаллическая изморозь удерживалась 95 ч. В табл. 81 приведена повторяемость различной продолжительности стадии нарастания отложений и общей продолжительности их сохранения (включая и нарастание).

Таблица 81

Повторяемость (%) продолжительности обледенения проводов

Процесс	Продолжительность, ч				
	≤6	7-12	13-24	25-48	>48
Нарастания	73	19	6	2	
Обледенения	42	28	17	8	5

Гололедно-изморозевые отложения характеризуются их массой (в граммах на метр провода гололедного станка), большим и малым диаметрами отложения, причем в эти размеры включен и диаметр провода (5 мм) гололедного станка (табл. 82, 83). По массе отложения  $m$  можно вычислить его вес (гололедную нагрузку)  $P=mg$ , где  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>. (Чтобы получить нагрузку  $P$  в ньютонах на метр, массу  $m$  надо выразить в килограммах на метр.)

Таблица 82

Максимальная величина отложения на проводах

Вид отложения	Дата	Масса, г/м	Продолжительность, ч		Большой диаметр, мм	Малый диаметр, мм
			нарастающая	обледенения		
Гололед	28 II—2 III 1958 г.	40	4	7	10	10
	23—24 XII 1963 г.	24	10	18	19	16
Изморозь зернистая	26—28 I 1950 г.,	—	19	57	44	44
	17—19 XII 1953 г.	60	28	61	23	20
Изморозь кристаллическая	15—17 II 1952 г.,	—	24	36	56	29
	6—8 I 1964 г.	40	46	57	28	27

Таблица 83

Повторяемость (%) различных значений большого диаметра отложения (с учетом диаметра провода станка — 5 мм)

Вид отложения	Большой диаметр, мм								Число случаев	Максимальный диаметр, мм	Сезон
	5—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—40	41—50	51—60			
Гололед	96	4							206	12	1948—49 1950—51
Изморозь зернистая	87	9	4						47	19	1963—64
Изморозь кристаллическая	63	18	8	4	4	2	1		183	44	1949—50
Сложное отложение	48	26	11		5	5		5	19	56	1951—52

В Гродно отложения обычно невелики, максимальная масса гололедно-изморозевых отложений, возможная один раз в 10 лет, составляет 70 г. Таким образом, по степени гололедности Гродно относится к первому (I) району (максимальная масса 100 г). Минск ( $m_{\text{макс}}=150$  г) относится ко второму (II) району гололедности ( $m_{\text{макс}}=100-200$  г).

Большую опасность при гололедно-изморозевых явлениях представляет усиление ветра. При этом ветровая нагрузка на покрытые льдом провода возрастает с увеличением размеров отложения. Создаваемая ветром дополнительная нагрузка в отдельных случаях на 20—30 % увеличивает весовую нагрузку, которую испытывают покрытые льдом провода. Поскольку ветровая нагрузка зависит от угла между направлением ветра и проводом и от скорости ветра, при оценке вероятности большой нагрузки надо учитывать повторяемость при отложениях разных направлений и скоростей ветра (табл. 84 и 85).

Таблица 84

Повторяемость (%) различных направлений ветра и штилей при максимальном отложении на проводах

Вид отложения	Скорость ветра, м/с								
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Гололед	4	3	15	18	13	20	23	4	22
Изморозь зернистая	8	8	13	29	13		21	8	6
Изморозь кристаллическая	11	6	12	21	12	16	14	8	62
Сложное отложение	7	7	13	13	27	13	7	13	4

Таблица 85

Повторяемость (%) различной скорости ветра при максимальном отложении на проводах

Вид отложения	Скорость ветра, м/с			
	0—1	2—5	6—9	10—13
Гололед	19	57	20	4
Изморозь зернистая	23	73	4	
Изморозь кристаллическая	57	39	4	
Сложные отложения	47	47		6

Повторяемости направления и скорости ветра, температуры и атмосферных явлений при гололедно-изморозевых явлениях (табл. 84—87) рассчитаны по всем случаям, причем для каждого случая взят момент (срок), когда отложение было максимальным. Повторяемость направлений ветра дана по отношению к числу всех случаев с ветром (без штилей), а повторяемость штилей — по отношению к общему числу случаев. Обледенение возможно при любом направлении ветра, но

чаще всего бывает при юго-западных, южных и юго-восточных ветрах.

Таблица 86

Повторяемость (%) температуры воздуха в различных пределах при максимальном отложении на проводах

Вид отложения	Температура, °С					
	1,0...0,1	0,0...-1,9	-5,0...-9,9	-10,0...-19,9	-20,0...-29,9	∞ -30,0
Гололед	21	72	7			
Изморозь зернистая		73	27			
Изморозь кристаллическая		6	40	49	4	1
Сложное отложение	11	64	20	5		

Таблица 87

Повторяемость (%) атмосферных явлений при максимальном отложении на проводах

Атмосферное явление	Гололед	Изморозь зернистая	Изморозь кристаллическая	Сложное отложение
Морось	49			37
Дождь	19			
Мокрый снег	2			
Снег	0,5			
Ледяной дождь	1			
Туман	25	70	52	58
Морось и туман	3			
Дымка	1	30	48	5

Значительно возрастают гололедно-изморозевые отложения с увеличением высоты подвеса проводов линий связи и электропередачи над поверхностью земли. Это обусловлено увеличением скорости ветра и водности тумана с высотой. Для расчета массы отложений или гололедной нагрузки на провода электропередачи на высоте 10 м рекомендуется использовать коэффициенты, приведенные в табл. 88.

В табл. 89 приведена обеспеченность различных значений массы и веса отложений (гололедной нагрузки). Дано среднее число лет, приходящееся на один случай с массой (или нагрузкой), равной или большей, чем указанная в таблице.

Таблица 88

Коэффициенты пересчета массы отложений с провода гололедного станка (диаметр 5 мм, высота 2 м) на провод диаметром 10 мм на высоте 10 м

Масса отложения на гололедном станке, г/м	Скорость ветра на высоте 10 м, м/с				
	1—4	5—8	9—12	13—16	> 16
<100	3,7	4,2	4,6	5,1	5,6
100—150	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0
150—300	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4
300—450	2,5	2,8	3,2	3,5	3,7
450—600	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
>600	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4

Таблица 89

Массы отложений на проводах гололедного станка (высота 2 м, диаметр 5 мм) и ЛЭП (высота 10 м, диаметр 10 мм) и гололедные нагрузки на них, возможные раз в заданное число лет

Объект	Число лет						
	2	5	10	15	20	30	50
	Масса, г/м						
Гололедный станок	30	50	70	85	100	120	150
ЛЭП	120	205	290	360	410	510	700
	Нагрузка, Н/м						
Гололедный станок	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
ЛЭП	1,2	2,0	2,8	3,5	4,0	5,0	6,9

#### 6.4. Метели

Метели представляют собой горизонтальный перенос снега ветром. Общая метель наблюдается при снегопаде и усилении ветра, который поднимает снег с поверхности земли. Видимость при сильной метели может понижаться до 50—100 м. При низовой метели снег не выпадает, но поднимается ветром с поверхности земли до высоты нескольких метров. Видимость при этом может ухудшаться. Поземок наблюдается при более слабом ветре, который переносит снег вдоль земной поверхности, не ухудшая видимости. Данные таблиц настоящего раздела не включают поземки (кроме табл. 90).

Метели обычно возникают при прохождении атмосферных фронтов, преимущественно теплых. Наиболее сильные метели связаны с глубокими циклонами, при которых в значительной

Число дней с метелями и поземками

	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Метели								
Среднее	0,05	0,6	3	4	6	3	0,2	17
Наибольшее	2	6	13	11	13	11	2	33
Наименьшее	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma$	0,4	1,5	3,0	3,2	3,9	2,8	0,7	8,7
Поземки								
Среднее	0	0,1	0,6	1,1	1,5	0,6	0	4
$\sigma$		0,4	1,0	1,1	1,9	0,9		2,7

степени усиливается скорость ветра. На метелевую деятельность большое влияние оказывают местные условия, особенно защищенность пункта. Интенсивные и продолжительные метели отмечаются на открытых и возвышенных местах. Метели в городе наблюдаются несколько реже, чем на открытой местности, что связано с уменьшением повторяемости больших скоростей ветра.

Максимум числа дней с метелями чаще всего приходится на февраль (44 % лет), реже на январь (20 %) или декабрь (15 %). В 1949, 1950, 1958 и 1968 гг. самым метельным месяцем был март, а в 1956 г. ноябрь.

В отдельные годы число дней с метелью может значительно отличаться от среднего многолетнего. Например, в феврале 1962 и 1963 гг. около половины всех дней было с метелями. Напротив, в 1957, 1960 и 1961 гг. в феврале их вообще не было. Изменчиво и годовое число дней с метелью. Зимой 1963-64 г. их было 33, а зимой 1960-61 г. вообще не было.

Повторяемость различного числа дней с метелью за год следующая:

Число дней . . . . .	0—10	11—20	21—30	31—40
Повторяемость, % . . . .	16	40	36	8

Средняя суммарная продолжительность метелей за год в Гродно составляет 107 ч (в Минске 107 ч, в Витебске 188 ч, в Бресте 83 ч). Однако отклонения от этого среднего значения довольно значительны. В 1961-62 г. общая продолжительность метелей была почти в 2,5 раза больше средней. Суточный ход метелей выражен слабо (табл. 91).

Наиболее часто наблюдаются метели продолжительностью до 6 ч (табл. 92). Но бывают случаи, когда метель длится до двух суток. Средняя продолжительность метели в день с метелью 6,3 ч.

Суммарная продолжительность метелей (ч)

Таблица 91

Продолжительность	X	XI	XII	I	II	III	IV	Год
Общая								
Средняя	0,2	4	18	18	43	22	2	107
Наибольшая	4	46	60	52	148	100	18	250
Наименьшая	0	0	0	0	0	0	0	0
Средняя в разное время суток								
19—1 ч		1	5	4	11	5	0,4	26
1—7 ч		1	4	4	10	6	0,5	26
7—13 ч	0,2	1	4	5	12	5	0,2	27
13—19 ч	0,01	1	5	5	10	6	0,6	28

Повторяемость (%) метелей различной продолжительности

Таблица 92

Продолжительность, ч	XI	XII	I	II	III
≤3,0	60	48	42	35	34
3,1—6,0	20	24	23	21	22
6,1—12,0	7	9	29	20	23
12,1—18,0	7	13	6	11	12
18,1—24,0		2		7	5
24,1—36,0		2		4	4
36,1—48,0	6	2		2	

Ниже приведена повторяемость направлений и больших скоростей ветра при метелях

Направление . . . . .	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, % . . . .	18	10	14	14	7	13	12	12
Скорость, м/с . . . . .		<6	6—9	10—13	14—17			
Повторяемость, % . . . .		4	60	30	5			

Особенно опасны метели при низкой температуре, когда снег легче переносится ветром. При оттепелях снег уплотняется и теряет свою подвижность. Повторяемость температуры воздуха при метелях (табл. 93) изменяется в течение зимы.

Объемом снегопереноса называется то количество снега (в м<sup>3</sup>), которое в течение метели или в целом за зиму переносится через площадку высотой 2 м и шириной 1 м, перпендикулярную ветровому потоку. Объем снегопереноса определяется скоростью ветра и продолжительностью залегания снежного покрова. Средние многолетние объемы переносимого за зиму

Повторяемость (%) температуры воздуха в разных пределах при метелях

Температура, °С	XI	XII	I	II	III	Год
-19,9... -15,0		2		2		1
-14,9... -10,0		20	17	34	4	18
-9,9... -5,0	60	37	33	45	37	39
-4,9... 0,0	40	41	50	19	59	42

снега при метелях всех видов (с поземком) в Гродно составляют 24 м<sup>3</sup>/м (в Витебске 85, в Могилеве 51, в Бресте 11 м<sup>3</sup>/м).

Объем переносимого за зиму снега при метелях всех видов (включая поземки), возможный один раз в 20 лет (5 %-ная обеспеченность) равен 105 м<sup>3</sup>/м (в Витебске 245, в Могилеве 190, в Бресте 43 м<sup>3</sup>/м). Максимальные переносы наблюдались в зиму 1963-64 г. (106 м<sup>3</sup>/м).

Очистка снега на улицах города, площадках промышленных предприятий требует знания не только суммированных за зиму объемов переносимого метелями снега, но и количества снега, переносимого за одну метель.

В Гродно средний максимальный снегоперенос за одну метель составляет 5 м<sup>3</sup>/м (в Витебске 15, в Могилеве 4, в Бресте 3 м<sup>3</sup>/м). Это означает, что примерно один раз в два года в Гродно наблюдаются метели, в результате которых в понижения дорог, к вертикальным препятствиям, перпендикулярным направлению ветрового потока, может приноситься более 5 м<sup>3</sup> снега на каждый метр препятствия. Метели с объемом снегопереноса более 35 м<sup>3</sup>/м бывают в среднем один раз в 10 лет, метели со снегопереносом более 40 м<sup>3</sup>/м — один раз в 20 лет.

### 6.5. Грозы и град

Грозы, т. е. электрические разряды между облаками или облаками и землей, связаны с кучево-дождевой облачностью, сопровождаются обычно ливневыми осадками, шквалистым ветром, в отдельных случаях — градом. Грозы, за редким исключением, наблюдаются в теплое время года, в основном при прохождении фронтов, несколько реже — в местных воздушных массах. За период наблюдений с 1946 г. в Гродно наблюдалась лишь одна зимняя гроза — в феврале 1958 г.

В табл. 94 и 95 приведено число дней с грозой (близкой и отдаленной). Бывают годы, когда число дней с грозой за три летних месяца (июнь—август) превышает среднее многолетнее годовое значение и, наоборот, бывают годы, когда гроз летом

бывает очень мало. Так, летом 1946 г. отмечен 31 день с грозой, а летом 1968 г.— всего 3. Наибольшее годовое число дней с грозой (38) приходится на 1946 г., наименьшее (8)— на 1968 г.

Таблица 94

Число дней с грозой

	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Год
	Среднее	0,05	0,05	1	4	6	7	5	2	0,1	
Наибольшее	1	1	5	10	13	13	11	5	1	1	38
$\sigma$	0,2	0,2	1,5	2,3	2,9	2,8	2,4	1,2	0,3	0,2	7,2

Таблица 95

Повторяемость (%) различного числа дней с грозой по месяцам

Месяц	Число дней							
	0	1—2	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12	13—14
IV	43	35	18	4				
V	5	36	22	22	10	5		
VI		9	9	36	32	5		9
VII	4		4	31	45	4	8	4
VIII	4	4	44	32	12		4	
IX	16	68	12	4				
X	92	8						
XI	96	4						

В отдельные дни может наблюдаться несколько гроз. Повторные грозы отмечаются в период интенсивной грозовой деятельности, т. е. в летние месяцы.

Повторяемость различного числа дней с грозой по месяцам приведена в табл. 95, а за год составляет:

Число дней за год	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40
Повторяемость, %	8	4	15	42	15	12	4

Грозы в Гродно могут возникать в любое время суток и особенно часто во вторую половину суток. Суточный ход начала гроз (в процентах от общего числа случаев) следующий:

Время начала, ч	0—3	3—6	6—9	9—12	12—15	15—18	18—21	21—24
Повторяемость, %	7	8	3	3	10	33	22	14

При определении продолжительности гроз (табл. 96) за время начала грозы принимается момент первого грома (независимо от того, была ли видна молния или нет), а за время

## Суммарная продолжительность гроз (ч)

Продолжитель- ность	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Год
Общая											
Средняя	0,01	0,05	2	8	16	15	9	3	0,1	0,01	53
Наибольшая	0,2	1	6	23	38	32	23	8	1,2		106
Наименьшая	0	0	0	1	2	0	0	0	0		
Средняя в разное время суток											
19—1 ч	0,01	0,05	1	3	6	5	3	0,9	0,01	0,01	19
1—7 ч		0,3	0,9	2	3	2	0,6		9		
7—13 ч		0,1	0,7	0,8	1	0,6	0,1		3		
13—19 ч		0,8	4	7	6	3	1	0,05	22		

прекращения — момент последнего удара грома при условии, что в последующие 15 мин гром не повторится. Если в течение дня гроза наблюдалась несколько раз с перерывами, то общая продолжительность грозы в данный день подсчитывается суммированием всех случаев. Наибольшую повторяемость имеют грозы продолжительностью до 3 ч. Продолжительные грозы наблюдаются редко (табл. 97). Наибольшая продолжительность грозы (6 ч) отмечена в Гродно в июле 1951 и 1963 гг. Средняя продолжительность грозы в день с грозой 2,1 ч.

Таблица 97

## Повторяемость (%) гроз различной продолжительности

Продолжитель- ность, ч	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
≤1,0	40	26	32	31	34	33	100
1,1—3,0	60	62	50	56	51	59	
3,1—6,0		12	14	11	14	8	
6,1—12,0			3	2	1		
>12,0			1	0,5			

Град наблюдается, как правило, в теплую половину года во время ливней и гроз. Чаще всего он выпадает при грозах, связанных с прохождением холодных атмосферных фронтов, реже — при внутримассовых грозах. В первом случае он выпадает полосами, достигающими нескольких километров в длину и до километра в ширину. Во втором случае град обычно выпадает пятнами на небольших территориях. На 20 случаев гроз приходится примерно один случай града.

В Гродно град наблюдается редко. За 10 лет отмечается в среднем 12 дней с градом. Ни в одном из месяцев град не бывает ежегодно (табл. 98).

Таблица 98

## Число дней с градом

	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
Среднее	0,04	0,2	0,4	0,2	0,2		0,1	0,1	1,2
Наибольшее $\sigma$	1	2	3	1	2	0	1	1	7
	0,2	0,5	0,8	0,4	0,5	0,0	0,3	0,4	1,6

Для оценки возможного колебания числа дней с градом в табл. 99 приведена его повторяемость по месяцам.

Таблица 99

## Повторяемость (%) различного числа дней с градом в отдельные месяцы

Дни	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
0	86	79	78	81	100	93	86
1	11	14	22	15		7	14
2	3			4			
3		7					

Повторяемость различного числа дней с градом за год следующая:

Дни . . . . .	0	1	2	3	$\geq 4$
Повторяемость, % . . .	41	26	18	11	4

В Гродно почти в половине числа лет град вообще не выпадает, а в 1956 г. отмечалось 7 дней с градом (3 дня в мае, 2 дня в июле и по одному дню в июне и октябре).

## 7. АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ

### 7.1. Температура

Средние значения метеоэлементов (в том числе и температуры воздуха) недостаточно полно характеризуют климатические условия рассматриваемого района. Если средняя многолетняя температура января в Гродно составляет  $-5,1^{\circ}\text{C}$ , то в отдельные годы средняя температура этого же месяца понижается до  $-13^{\circ}\text{C}$ , в другие годы она бывает положительной ( $1,2^{\circ}\text{C}$ ). Наибольший интерес представляют значительные отклонения от средних значений: Чем больше отклонение, тем реже оно наблюдается. В январе, например, отклонение температуры  $-2,3^{\circ}\text{C}$  и более от средних месячных встречается каждые 5 лет, а  $-8,1^{\circ}\text{C}$  и более — не чаще одного раза в 50 лет.

Значения аномалий (отклонений) равной обеспеченности зимой больше, чем летом. Так, в июне—июле аномалии 5 %-ной обеспеченности составляют  $2,2-2,7^{\circ}\text{C}$ , в январе—феврале увеличиваются до  $8^{\circ}\text{C}$ . Это соответствует характеру изменчивости температуры и среднему квадратическому отклонению  $\sigma$  в эти месяцы (зимой  $\sigma$  в 2—3 раза больше, чем летом). В табл. 100 приведены абсолютные значения отклонений средней месячной и средней годовой температуры воздуха 20 %-ной обеспеченности. В дальнейшем будут рассматриваться только такие аномалии.

Таблица 100

Аномалии ( $^{\circ}\text{C}$ ) средней месячной и средней годовой температуры воздуха 20 %-ной обеспеченности

Аномалия	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Положительная	2,8	3,1	1,9	1,8	1,4	1,3	1,1	0,9	1,0	1,3	2,0	2,5	0,9
Отрицательная	2,3	3,1	2,6	1,5	1,8	1,4	1,2	1,2	1,4	1,4	1,2	2,0	0,7

Значения годовой аномалии значительно меньше месячных аномалий соответствующей обеспеченности.

Существенной особенностью аномалий средней месячной температуры воздуха является их своеобразная инерция, проявляющаяся в том, что после аномального месяца, как правило, аномалия того же знака более вероятна, чем аномалия противоположного знака, и более вероятна, чем аномалия после нормального месяца. Повышенная повторяемость аномалий одного знака в соседние месяцы указывает на то, что они часто обусловлены одним процессом, одной синоптической ситуацией. В табл. 101 приведена повторяемость сочетаний теплого, холодного и месяца, близкого к норме (в процентах от числа случаев соответствующей характеристики первого из двух соседних месяцев). Оказывается, что после аномально холодного февраля март с соответствующим отклонением наблюдается в 45 % случаев, с противоположным отклонением не было отмечено ни одного случая. Аналогичная картина после аномально холодного мая и декабря; в другие месяцы разница менее значительна, но довольно существенна. Для положительных аномалий такой четкой закономерности не прослеживается: в трех месяцах повторяемость «теплый — теплый» месяц меньше, чем

Таблица 101

Повторяемость (%) различных сочетаний характеристик двух соседних месяцев по температуре (Т — теплый, Х — холодный, Н — нормальный месяц)

	Т	Х	Н	Т	Х	Н	Т	Х	Н
	I—II			II—III			III—IV		
Т	25	8	67	50	0	50	9	9	82
Х	8	50	42	0	45	55	22	33	45
Н	20	13	67	18	12	70	9	18	73
	IV—V			V—VI			VI—VII		
Т	33	33	34	10	20	70	44	33	22
Х	20	30	50	0	54	46	8	23	69
Н	16	16	68	24	15	61	12	16	72
	VII—VIII			VIII—IX			IX—X		
Т	33	0	67	40	30	30	9	18	73
Х	9	36	55	10	20	70	0	36	64
Н	17	15	68	17	17	66	18	12	70
	X—XI			XI—XII			XII—I		
Т	14	14	71	22	45	33	40	30	30
Х	20	20	60	0	22	78	0	50	50
Н	16	16	68	22	8	70	26	16	58

«теплый—холодный», и в двух месяцах повторяемости «теплый—теплый» и «теплый—холодный» одинаковые. После месяца, близкого к норме, вероятности аномально теплого и аномально холодного месяцев примерно одинаковы и не превышают 26%. Чаще всего за аномальным следует нормальный месяц, т. е. большая часть аномалий ограничивается одним месяцем (табл. 102). В 26—29% случаев аномалии одного знака удерживались в течение двух месяцев. Аномалии продолжительностью 5 месяцев подряд — явление исключительно редкое. За все время они наблюдались только трижды. Это, в частности, теплая аномалия, продолжавшаяся с марта по июль 1897 г., и две холодные: с мая по сентябрь 1962 г. и с октября 1946 г. по февраль 1947 г. После таких длительных аномалий наблюдаются, как правило, нормальные месяцы.

Таблица 102

Повторяемость (число случаев за 49 лет, %) температурных аномалий одного знака в течение нескольких месяцев подряд

Аномалия	Показатель	Всего аномалий	Число месяцев				
			1	2	3	4	5
Положительная	Число случаев	83	61	16	4	1	1
	%		74	19	5	1	1
Отрицательная	Число случаев	83	59	12	7	3	2
	%		71	15	8	4	2

Аномально теплые и аномально холодные сезоны (зима, лето) наблюдаются примерно раз в 6—8 лет (аномальным считался сезон, в котором либо все три месяца имеют отклонение одного знака, либо два месяца с одинаковой аномалией, а третий — норма). В Гродно аномальные летние сезоны встречаются так же часто, как и зимние.

После аномально теплой или холодной зимы вероятнее всего лето с температурой, близкой к среднему значению (табл. 103). После 15 аномальных зим в 13 случаях наблюдалось нормальное лето и только в двух случаях — с аномалией противоположного характера (1899 и 1963 гг.).

Полугодия (X—III, IV—IX) считались аномальными, если в них не менее 4 месяцев наблюдалась аномалия одного знака, а остальные месяцы — нормальные. При полной независимости месячных аномалий вероятность аномального полугодия составляет примерно 1%. Повторяемость полугодовых аномалий действительно невелика, но значительно больше 1% (1 раз в 6—7 лет). Это обусловлено тем, что аномалии часто связаны с дли-

Повторяемость аномальных (по температуре) и следующих за аномальными сезонов

Сезон	Показатель	Всего зимних сезонов	Следующее лето			Всего летних сезонов	Следующая зима		
			теплое	холодное	норма		теплая	холодная	норма
			Зима			Лето			
Теплый	Число случаев	7	0	1	6	6	0	2	4
	%	14				12			
Холодный	Число случаев	8	1	0	7	8	0	2	6
	%	16				16			

тельными процессами, охватывающими несколько месяцев. В Гродно в течение всего периода наблюдений зарегистрировано 8 полугодовых аномалий (3 положительных и 5 отрицательных). Самой значительной из них была отрицательная аномалия в теплом полугодии 1963 г., когда аномально холодными оказались 5 месяцев. Интересно отметить, что после этого в Гродно было аномально холодным следующее (холодное) полугодие 1963-64 гг. В остальных 7 случаях после аномального наступало нормальное по температуре полугодие.

Аномалии температуры воздуха в одинаковые месяцы несколько лет подряд наблюдаются крайне редко. Их повторяемость соответствует вероятности при отсутствии связи, что свидетельствует о независимости месячных аномалий соседних лет. Характерно, что лишь в отдельные месяцы (и не более, чем по одному случаю) наблюдались аномалии одного знака в течение 3 лет подряд и только один раз март месяц оказался аномально теплым четыре раза подряд (1972—1975 гг.), а январь — аномально холодным также четыре года подряд (1967—1970 гг.).

Повторяемость годовых аномалий одного знака в течение двух лет подряд составляет 4%, что соответствует теоретической вероятности в предположении отсутствия связи. Это говорит о независимости аномалий годовых температур соседних лет. В Гродно годовые аномалии более двух лет подряд не повторялись. В течение всего рассматриваемого периода наблюдений самым холодным был 1929 г., когда годовая температура составила 4,8°C, при этом число аномальных месяцев было всего 5, но со значительными аномалиями. Наибольшая годовая температура 8,3°C отмечена в 1975 г., который был аномально теплым на всей территории республики.

## 7.2. Осадки

Аномально сухими считались месяцы, периоды и годы с суммой осадков  $\leq 30\%$ ,  $\leq 60\%$ ,  $\leq 80\%$  нормы и аномально влажными — с суммой  $\geq 120\%$ ,  $\geq 140\%$ ,  $\geq 200\%$  нормы. Крайние значения этих градаций используются в практике долгосрочного прогнозирования и обслуживания народного хозяйства, градации 60 и 140% оказались наиболее удобными для климатологических исследований. Соответствующие значения аномалий (в миллиметрах) представлены в табл. 104.

Таблица 104

Аномалии месячных сумм осадков (мм), соответствующие значениям, заданным в процентах нормы ( $R_n$ )

$\frac{R}{R_n} \%$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI-III	IV-X	Год
30	20	21	20	24	31	54	49	55	31	24	28	24	113	269	381
60, 140	12	12	11	14	18	31	28	31	18	14	16	14	64	154	218
80, 120	6	6	6	7	9	15	14	16	9	7	8	7	32	77	109
200	29	30	28	35	45	77	70	78	44	35	40	34	161	384	545

Значения аномалий пропорциональны месячным суммам осадков и их годовой ход отражает годовой ход осадков.

Наиболее часто наблюдаются аномалии  $\leq 80\%$  и  $\geq 120\%$  месячной нормы, повторяемость их колеблется в пределах 35—50 и 25—45% (от общего числа лет) соответственно. Аномалии  $\leq 30\%$  и  $\geq 200\%$  в Гродно, как и на всей территории Белоруссии, крайне редки, их повторяемость не превышает 12%, а в среднем составляет 6%. Низкая повторяемость обусловлена особенностями климата республики. Промежуточное положение занимают аномалии месячных сумм осадков  $\leq 60\%$  и  $\geq 140\%$  месячной нормы (табл. 105). Именно аномалии этой градации рассматриваются в табл. 106—109.

На рис. 23 приведена кривая распределения осадков, построенная по средним значениям повторяемостей  $P$  аномалий для всех месяцев и отношениям  $\frac{R}{R_n}$  ( $R_n$  — месячная норма). В среднем один раз в 10 лет наблюдаются месяцы с избыточным увлажнением  $1,76R_n$  и более и сухие с количеством осадков  $\leq 0,36R_n$ , один раз в три года — не менее  $1,19R_n$  и не более  $0,66R_n$ . Обеспеченность 5% имеют суммы осадков  $\geq 2,0R_n$  и  $\leq 0,3R_n$ . Кривая распределения осадков асимметрична, 50%-ную обеспеченность имеет не норма, а  $0,9R_n$ , чаще встречаются месяцы с количеством осадков, меньшим нормы.

В табл. 106 представлена для пар соседних месяцев повторяемость различных сочетаний характеристик сухого, влажного и нормального месяцев. Из таблицы видно, что после ано-

мально сухого месяца вероятность сухой аномалии в следующем месяце больше, чем влажной. Повторяемость сочетания

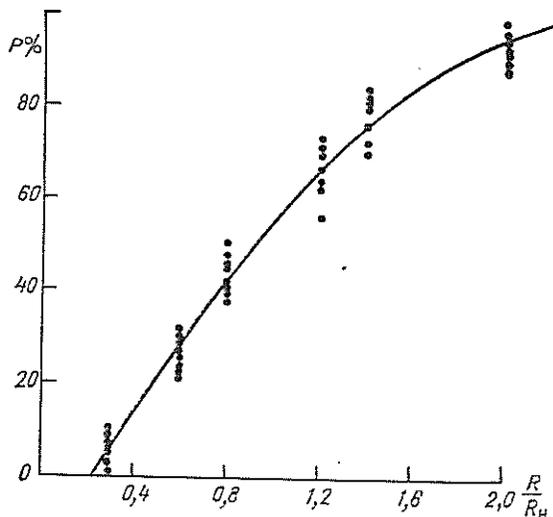


Рис. 23. Обеспеченность отношения месячной суммы осадков к норме.

Таблица 105

Повторяемость (%) различных аномалий сумм осадков

Месяц	Отношение к норме, %					
	≤30	≤60	≤80	≥120	≥140	≥200
I	7,3	29,1	40,0	38,2	16,4	3,6
II	7,3	25,4	38,2	32,7	18,2	3,6
III	8,9	28,6	46,4	21,9	15,1	5,5
IV	5,4	17,6	28,4	27,0	15,6	5,4
V	3,6	23,2	37,5	35,7	21,4	3,6
VI	0	26,8	37,5	28,6	23,2	1,8
VII	3,6	23,6	41,8	32,7	20,0	3,6
VIII	9,3	27,8	46,3	25,9	18,5	5,6
IX	7,0	26,3	50,8	33,3	21,0	7,0
X	8,8	31,6	42,1	43,8	29,8	12,3
XI	3,4	24,1	43,1	32,8	27,6	6,9
XII	3,4	22,4	37,9	31,0	20,7	10,3
XI—III	0	3,8	26,4	22,6	5,7	0
IV—X	0	0	20,4	27,8	11,1	0
Год	0	0	11,5	13,5	3,8	0

«сухой—сухой» для 8 пар месяцев больше, чем сочетания «сухой—влажный» и достигает в отдельные месяцы 45—53 %.

Повторяемость (%) различных сочетаний характеристик двух соседних месяцев по осадкам (С — сухой,  $R \leq 0,6R_{II}$ ; В — влажный,  $R \geq 1,4R_{II}$ ; Н — нормальный)

	С	В	Н	С	В	Н	С	В	Н
	I—II			II—III			III—IV		
С	33	13	54	29	29	42	38	12	50
В	22	22	56	33	22	45	0	15	85
Н	23	16	61	28	16	56	33	22	45
	IV—V			V—VI			VI—VII		
С	20	20	60	23	38	39	22	14	64
В	9	18	73	17	33	50	31	23	46
Н	29	23	48	31	13	56	21	21	58
	VII—VIII			VIII—IX			IX—X		
С	42	0	58	0	7	93	53	20	27
В	18	9	73	30	30	40	9	45	46
Н	26	29	45	37	23	40	26	29	45
	X—XI			XI—XII			XII—I		
С	28	11	61	29	14	57	46	8	46
В	29	35	36	19	19	62	9	18	73
Н	18	30	52	21	24	55	29	19	52

Для влажных аномалий такая закономерность в Гродно нарушается в 6 месяцах: повторяемость «влажный—влажный» меньше, чем повторяемость «влажный—сухой» или равна последней.

Повторяемость нормальных месяцев после сухих и влажных примерно одинакова и в большинстве случаев превышает 50 %.

Таблица 107

Повторяемость (число случаев за 60 лет, %) аномалий месячных сумм осадков в течение нескольких месяцев подряд

Аномалия	Показатель	Всего аномалий	Число месяцев			
			1	2	3	4
Сухая	Число случаев	125	80	39	5	1
			%	64	31	4
Влажная	Число случаев	111	85	19	5	2
			%	76	17	5

После нормального также наиболее вероятно наступление нормального месяца (до 60 %).

Продолжительность сухих и влажных аномалий в большинстве случаев не превышает одного месяца (табл. 107). Аномалии более одного месяца чаще бывают сухими, чем влажными. Вероятность аномалий (сухих и влажных) продолжительностью более трех месяцев невелика — всего несколько процентов. Наиболее длительными (4 месяца подряд) в Гродно оказались сухая аномалия, продолжавшаяся с сентября по декабрь 1911 г. и две влажные, наблюдавшиеся в 1933 и 1950 гг. с августа по ноябрь. Характерно, что в Гродно не было ни одного случая аномалий (и сухих и влажных) продолжительностью более 4 месяцев.

Если рассматривать повторяемость месячных аномалий осадков в соседние годы, то наряду с наиболее часто встречающимся чередованием «аномальный—нормальный» наблюдаются иногда периоды в 2—4 и даже 5 лет подряд с одноименной аномалией в одинаковые месяцы: аномально сухой сентябрь наблюдался с 1901 по 1905 г.

Теоретическая вероятность одноименных месячных аномалий сумм осадков ( $\leq 60$  или  $\geq 140$  %  $R_n$ ) в течение 2 и 3 лет подряд составляет для сухих аномалий примерно 6 и 1,6 %, для влажных 4 и 0,8 %. Наблюдающаяся повторяемость соответствует этой вероятности, что свидетельствует о независимости месячных аномалий соседних лет.

Холодный (ноябрь—март) и теплый (апрель—октябрь) периоды бывают аномальными (сухими или влажными) значительно реже, чем отдельные месяцы (см. табл. 105). Аномалии  $\leq 30$  и  $\geq 200$  % практически не встречались. Сравнительно часто отмечаются как сухие, так и влажные аномалии  $\leq 80$  и  $\geq 120$  % нормы. Периоды с аномалией 40 % и более наблюдаются в среднем в 5—6 % случаев. Период апрель—октябрь в Гродно ни разу не был аномально сухим, аномально влажным — 5 раз. Интересно отметить, что в этом периоде сухие месяцы встречаются чаще влажных. Наиболее крупные периодные аномалии распространялись на значительные территории, в частности, влажная аномалия в холодном периоде 1966-67 г. одновременно охватила западную и южную часть республики (Брест, Гродно, Гомель).

Следующие за аномальными периоды, за редким исключением, оказывались нормальными (табл. 108).

В целом годы, аномальные по осадкам, — явление сравнительно редкое. Год — достаточное продолжительный отрезок времени и на годовых суммах осадков (как и годовых значениях других метеоэлементов) даже существенные аномалии отдельных месяцев сказываются не очень сильно. Так, увеличение или уменьшение осадков во все три летние месяца на 40 % изменяет годовую сумму всего на 12—15 %. Годовые аномалии  $\leq 30$

Повторяемость аномальных (по осадкам) и следующих за аномальными периодам

Период	Показатель	Сухой период	Следующий			Влажный период	Следующий		
			сухой	влажный	нормальный		сухой	влажный	нормальный
XI—III	Число случаев	2	0	0	2	3	0	0	3
IV—X	%	4				6			
	Число случаев	0	—	—	—	5	0	1	4
	%	0				11			

Таблица 109

Повторяемость различных сочетаний месячных аномалий сумм осадков и температуры воздуха

Показатель	Сухие аномалии				Влажные аномалии			
	всего аномальных месяцев	нормальных	теплых	холодных	всего аномальных месяцев	нормальных	теплых	холодных

## Зима

Число случаев	39	25	4	10	28	18	8	2
%		64	10	26		64	29	7

## Весна

Число случаев	44	29	8	7	34	19	9	6
%		66	18	16		56	26	18

## Лето

Число случаев	42	25	10	7	33	23	3	7
%		59	24	17		70	9	21

## Осень

Число случаев	46	28	9	9	39	31	3	5
%		60	20	20		79	8	13

и  $\geq 200\%$  нормы в Гродно не зарегистрированы ни разу. Повторяемость влажных годовых аномалий с отклонением от нормы на  $40\%$  и более составляет всего  $4\%$ , причем они ни разу не наблюдались два года подряд. Наиболее влажным был 1970 г., когда годовая сумма осадков составила  $148\%$  нормы, число аномально влажных месяцев достигло 7, причем в октябре и ноябре выпало более двух месячных норм осадков. Аномально сухие годы с отклонением  $40\%$  и более в Гродно вообще не наблюдались.

Несколько более часты аномальные годы с отклонением от нормы сумм осадков  $\geq 20\%$ . В среднем раз в 7—9 лет можно ожидать аномалию с таким отклонением.

Как правило, за аномальным следует год в пределах нормы и только в 1957—1958 гг. влажная годовая аномалия повторилась два раза подряд, а сухая наблюдалась даже три года подряд (1904—1906 гг.).

Месячные аномалии температуры и осадков определенным образом связаны друг с другом. В летние месяцы более вероятны сочетания сухих и теплых аномалий, влажных и холодных; в холодное время — влажных и теплых, сухих и холодных (табл. 109). Наиболее высокий процент имеют сочетания аномально сухих и влажных месяцев с температурой в пределах нормы. Для влажных и для сухих месяцев эта повторяемость составляет  $60\text{—}70\%$ .

## 8. КОМПЛЕКСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ БИОКЛИМАТА

Для решения многих практических задач необходимы комплексные характеристики температуры, влажности и скорости ветра, а иногда и других метеоэлементов. Эти сведения могут быть использованы при планировании производственной деятельности человека, для расчета кондиционирующих устройств, отопительных систем жилых и производственных помещений и т. д.

На рис. 24 дана повторяемость различных сочетаний температуры воздуха и скорости ветра в летний (июнь—август) и зимний (декабрь—февраль) периоды. Цифры у изолиний соответствуют повторяемости (%), рассчитанной на интервал температуры  $2^{\circ}\text{C}$  и интервал скорости ветра  $2\text{ м/с}$ . Зимой наиболее часты сочетания температуры воздуха  $-3\dots 2^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $0-5\text{ м/с}$ , летом соответственно  $13\dots 18^{\circ}\text{C}$  и  $0-4\text{ м/с}$ .

Температурно-ветровой режим в разное время года отличается некоторым своеобразием. Понижение температуры в зимний период сочетается в основном с ослаблением ветра, что обусловлено чаще всего переходом к антициклоническим условиям. Повышение ее сопровождается усилением ветра, что связано с усилением циклонической деятельности. Летом прослеживается обратная закономерность: понижение температуры, как правило, соответствует усилению ветра при погоде циклонического типа, а повышение ее наблюдается в основном при ослаблении ветра, что связано с установлением антициклонической погоды.

Для характеристики особенностей температурно-влажностного режима Гродно на рис. 25 дана повторяемость различных сочетаний температуры и относительной влажности воздуха в 14 и 2 ч для летнего периода. Цифры у изолиний соответствуют повторяемости (%), рассчитанной на интервал температуры  $2^{\circ}\text{C}$  и интервал относительной влажности  $5\%$ . Днем довольно часто наблюдаются (повторяемость  $22-29\%$ ) благоприятные для человека условия: температура  $18-22^{\circ}\text{C}$  и относительная влажность  $35-65\%$ , ночью повторяемость таких условий не превышает  $2-3\%$ . В ночные часы наиболее часты сочетания температуры воздуха  $10-15^{\circ}\text{C}$  и влажности  $86-97\%$ .

Ощущение духоты определяется сочетанием температуры с относительной влажностью воздуха. Если температура воз-

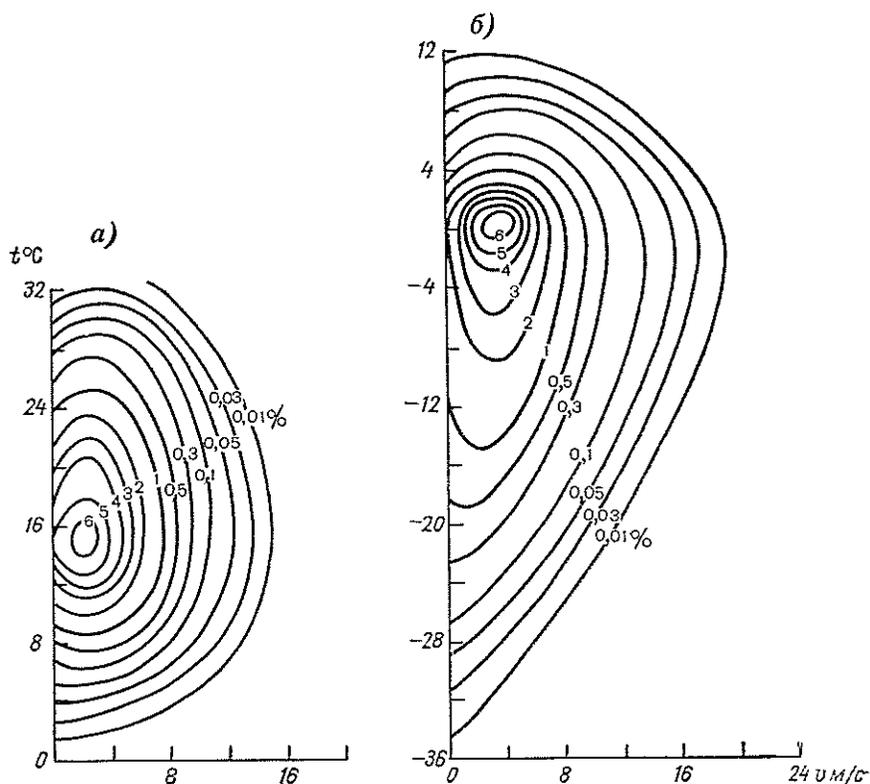


Рис. 24. Повторяемость (%) различных сочетаний температуры воздуха и скорости ветра.

а) июнь—август; б) декабрь—февраль.

духа не ниже  $20^{\circ}\text{C}$  сочетается с относительной влажностью воздуха 80% и более, то такую погоду считают душной (табл. 110).

Таблица 110

Повторяемость (%) душной погоды

	Срок, ч			
	2	8	14	20
Июнь	0,3	0,6	0,8	1,5
Июль	1,5	1,0	0,8	3,3
Август	0,3	0,5	0,8	1,6

Важное значение для гигиенической и медицинской характеристики климата имеет оценка теплового состояния человека в зависимости от комплекса метеорологических факторов — температуры, влажности воздуха и скорости ветра. В биоклиматических исследованиях для характеристики теплоощущения человека, находящегося на затененном участке в летний период, широко применяется эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ). ЭЭТ — это сочетание одновременно наблюдаемых температуры, влажности воздуха и скорости ветра, выраженное

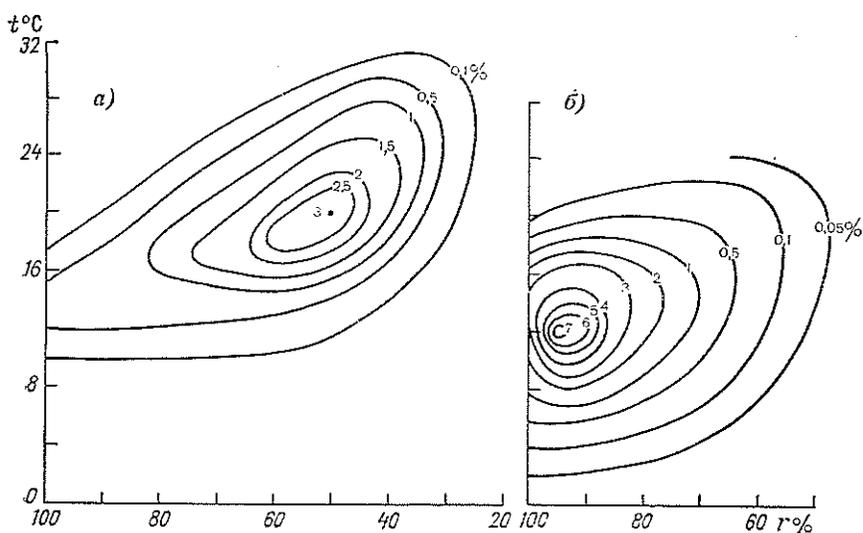


Рис. 25. Повторяемость (%) различных сочетаний температуры и относительной влажности воздуха в летний период (июнь—август).

а) 14 ч, б) 2 ч.

условным значением температуры, при котором создается то же теплоощущение при полностью насыщенном и неподвижном воздухе. Использована так называемая нормальная шкала ЭЭТ, которая относится к человеку, нормально (по сезону) одетому и совершающему легкие движения.

Средняя ЭЭТ в Гродно днем в июле на  $7^{\circ}\text{C}$  ниже средней температуры воздуха (табл. 111). В июле в Гродно днем наиболее часто (в 73 % случаев) наблюдается ЭЭТ в пределах  $12\text{—}22^{\circ}\text{C}$ . От года к году ЭЭТ изменяется довольно существенно. В течение рассматриваемого периода (1966—1976 гг.) даже средняя месячная ЭЭТ колебалась от  $9$  до  $17^{\circ}\text{C}$ .

В отношении интервала ЭЭТ, определяющего комфортные условия, нет единого мнения биоклиматологов. Если считать комфортным диапазон ЭЭТ  $10\text{—}18^{\circ}\text{C}$ , как предложил В. Ю. Ми-

Эквивалентно-эффективная и приведенная температура

Характеристика	ЭЭТ в июле, °С		Приведенная температура в январе, °С	
	12 ч	15 ч	12 ч	15 ч
Абсолютный минимум	0,5	-0,3	-38,9	-35,6
Средний минимум	4,3	5,4	-31,7	-28,5
Среднее значение	13,2	14,9	-19,9	-19,1
Средний максимум	20,8	21,9	-7,1	6,3
Абсолютный максимум	22,5	23,7	1,9	2,0

левский, то условия дневного времени (12 и 15 ч) в Гродно в июле в значительной степени соответствуют комфортным:

ЭЭТ, °С . . . . .	<0	0—9	10—18	19—26
Повторяемость, % . . .	0,1	17	63	20

Оценка суровости зимних погодных условий (для января) сделана методом «приведенных температур»  $\theta_{пр}$ , когда любые сочетания температуры воздуха и скорости ветра выражены в виде эквивалента при штиле. Приведенная температура рассчитана по методике В. Н. Адаменко и К. Ш. Хайруллина. Средние и экстремальные значения приведенных температур за 11-летний период даны в табл. 111.

Пребывание нормально одетого человека на открытом воздухе чаще всего лимитирует температура кожи лица. По оценке медиков и гигиенистов при температуре кожи лица, равной 6 °С ( $\theta_{пр} = -28$  °С), требуется обогрев через каждые 45—50 мин, при температуре 2 °С ( $\theta_{пр} = -38$  °С) — сокращение рабочего дня на 30 %, а температура кожи 0 °С ( $\theta_{пр} = -42$  °С) требует прекращения работ на открытом воздухе. Повторяемости приведенных температур в Гродно для января (12 и 15 ч) за 1966—1976 гг. рассчитаны по градациям, соответствующим этим пороговым критериям дискомфорта:

$\theta_{пр}$ , °С . . . . .	> -15	-15... -27,9	-28... -37,9	-38... -41,9
Повторяемость, %	23	67	9,7	0,3

Приведенная температура  $-42$  °С и ниже в дневные часы за 11-летний период не наблюдалась.

Тепловое состояние человека можно также оценивать по его тепловому балансу. При вертикальном положении человеческого тела его теплообмен с окружающей средой включает следующие основные составляющие.

1. Радиационный теплообмен. Поверхность тела поглощает часть падающей на нее солнечной радиации (прямой, рассеянной, отраженной) и длинноволновое излучение земли и атмосферы. Одновременно поверхность тела испускает длинноволновое излучение в окружающее пространство.

2. Конвективный теплообмен — непосредственная передача тепла от поверхности кожи или одежды окружающему воздуху (или в обратном направлении, если воздух теплее поверхности кожи).

3. Теплообмен при дыхании.

4. Расход тепла на испарение пота.

Благодаря процессам окисления в организме непрерывно выделяется тепло — теплопродукция организма. При тепловом равновесии алгебраическая сумма теплопродукции и всех составляющих теплообмена равняется нулю, т. е. имеет место так называемый тепловой баланс человека.

Ниже приводятся результаты расчета составляющих теплового баланса по методике, разработанной Б. А. Айзенштамом. Расчет проведен на 15 ч в июле (т. е. для наиболее жаркого месяца и вблизи суточного максимума) и относится к обнаженному человеку в вертикальном положении. По радиации и влажности в качестве исходных взяты средние значения при ясной небе: интенсивность прямой радиации  $0,83 \text{ кВт/м}^2$ , рассеянной радиации  $0,12 \text{ кВт/м}^2$ , упругость водяного пара  $12,0 \text{ гПа}$ . Температура и ветер взяты в таких сочетаниях:

1) средние многолетние значения при ясной погоде температуры воздуха ( $25,5^\circ\text{C}$ ) и почвы ( $41^\circ\text{C}$ ), скорости ветра на высоте  $1,5 \text{ м}$  на открытом месте ( $v=3,4 \text{ м/с}$ );

2) те же значения температуры,  $v=1 \text{ м/с}$ , что соответствует средним условиям движения воздуха в озелененных зонах;

3) средний месячный максимум температуры воздуха ( $31^\circ\text{C}$ ), соответствующая температура поверхности почвы ( $46^\circ\text{C}$ ) и скорость ветра  $v=1 \text{ м/с}$ .

Согласно расчету, солнечная радиация, поглощенная всей поверхностью тела, составляет  $329 \text{ Вт}$  ( $283 \text{ ккал/ч}$ ). Для вариантов 1 и 2 эффективное излучение тела равно  $63 \text{ Вт}$  ( $54 \text{ ккал/ч}$ ), а радиационный баланс —  $266 \text{ Вт}$  ( $229 \text{ ккал/ч}$ ). В варианте 3 эффективное излучение уменьшается до  $16 \text{ Вт}$ , а баланс равен  $313 \text{ Вт}$ .

Значения остальных составляющих теплового баланса человека в условиях покоя и при разной физической нагрузке приведены в табл. 112 (1, 2, 3 — перечисленные выше варианты исходных данных). Поскольку при всех вариантах температура воздуха ниже средней температуры кожи ( $33^\circ\text{C}$ ), то при конвективном и дыхательном теплообмене организм отдает тепло.

Главным механизмом, посредством которого организм защищается от перегрева, является потоотделение. Поэтому затрата

Теплопродукция и теплоотдача (Вт) тела человека при разных условиях

Условия	Теплопродукция	Конвективный теплообмен			Дыхание		Испарение пота		
		1	2	3	1, 2	3	1	2	3
Покой	90	280	150	39	12	11	64	194	353
Работа средней тяжести	220	280	150	39	32	30	174	304	464
Ходьба, 5 км/ч	190	290	190	51	28	25	138	238	427
Бег, 12 км/ч	620	340	290	76	96	89	450	500	768

тепла на испарение пота (см. табл. 112) или однозначно связанное с ней количество пота, испаряющегося с поверхности тела за час (табл. 113), являются показателями тепловой нагрузки.

Таблица 113

Потоотделение  $\mu$  и показатель теплового напряжения  $M$ 

Условия	$\mu$ г/ч			$M$ %		
	1	2	3	1	2	3
Покой	100	300	530	3	18	32
Работа средней тяжести	260	460	690	8	28	42
Ходьба	200	350	630	6	16	29
Бег	660	740	1130	17	23	35

При оценке данных, приведенных в табл. 113, следует иметь в виду, что потоотделение в пределах 50—150 г/ч ощущается как состояние теплового комфорта, 151—300 г/ч как слабая, 301—500 г/ч как умеренная и 501—700 г/ч как большая тепловая нагрузка. Потоотделение резко возрастает при усилении мышечной деятельности и при повышении температуры воздуха или уменьшении скорости ветра. При скорости ветра 1 м/с повышение температуры воздуха и почвы всего на 1°С увеличивает потоотделение на 10—20 %. Если человек остается на месте, то, согласно табл. 113, уменьшение скорости ветра на 1 м/с увеличивает тепловую нагрузку примерно так же, как повышение температуры на 1,5°С.

В табл. 113 приведен также показатель напряженности терморегуляторной системы  $M$ . Он равен отношению фактического потоотделения к максимально возможному (соответствующему полному увлажнению тела) при тех же метеорологических условиях. При  $M > 50$  % имеет место выраженное напряжение терморегуляторных механизмов организма. При рассматриваемых средних условиях  $M$  не достигает 50 %.

## 9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА ГРОДНО

В предыдущих главах были даны детальные климатические характеристики района Гродно по отдельным метеорологическим величинам и их сочетаниям. Целесообразно в заключение рассмотреть обобщенную картину климата этого района как в целом, так и по сезонам года. Кроме того, в настоящей главе рассмотрены также изменения климатических характеристик, возникающие вследствие влияния самого города.

### 9.1. Основные черты климата

Климат любой местности формируется под влиянием солнечной радиации, циркуляционных процессов в атмосфере и характера подстилающей поверхности (особенностей растительности, рельефа, почвы, рек, а в условиях города — и степени застройки отдельных его районов). Из перечисленных факторов особенно большая роль в формировании климата Гродно принадлежит атмосферной циркуляции.

В зимнее время преобладание атмосферной циркуляции над радиационным фактором приводит к нарушению широтного хода метеоэлементов. На картах изотермы направлены с северо-северо-запада на юго-юго-восток, т. е. почти в меридиональном направлении. Средняя температура января в Гродно такая же, как в Таллине и Львове, хотя Таллин расположен почти на  $6^\circ$  севернее Гродно, а Львов — на  $4^\circ$  южнее.

Летом активность атмосферной циркуляции уменьшается, а роль солнечной радиации в формировании климата увеличивается. Это приводит к более четкой широтной зональности климата.

Сравним среднюю температуру января и июля в Гродно и в других городах, расположенных примерно на одной широте с ним:

	Гданьск	Гродно	Могилев	Тула	Барнаул
I . . .	-2,3	-5,1	-7,5	-10,1	-17,7 °C
VII . . .	17,2	18,0	18,2	18,4	19,7 °C

Климат Гродно и всей Белоруссии в целом определяют как переходный от морского к континентальному и называют умеренно континентальным. Это определение дано по классификации климатов Б. П. Алисова, в основу которой положены условия атмосферной циркуляции, выражающиеся в преобладании воздушных масс определенного типа. Гродно находится в умеренном климатическом поясе, где преобладают воздушные массы умеренных широт. В этом поясе выделяют морской и континентальный типы климата. Гродно находится в довольно широкой переходной зоне между этими двумя основными типами. Чередование воздушных масс разного происхождения создает характерный для Гродно (особенно для холодного полугодия) неустойчивый тип погоды.

Средняя разность температур самого теплого (июля) и самого холодного (января) месяцев составляет 23 °С (в Бресте 23, в Минске 25, в Москве 28 °С). Средняя годовая температура воздуха выше, чем в Минске, на 1,1 °С и составляет 6,5 °С. В среднем за зиму (декабрь—февраль) бывает 46 дней с оттепелью. Наряду с этим в суровые зимы в отдельные дни минимальная температура воздуха может быть ниже —30 °С. Максимальная температура воздуха в отдельные годы достигает в июле—августе 36—34 °С.

Преобладающий атлантический воздух обуславливает в Гродно высокую относительную влажность воздуха и значительную облачность, которые в свою очередь способствуют выпадению большого количества осадков. Средняя годовая относительная влажность воздуха 80 %, примерно такая же, как в Минске. В холодное время года средняя месячная влажность доходит до 90 %, в теплый период она не ниже 68 %.

В соответствии с географическим положением Гродно общая продолжительность светлой части суток за год составляет 4463 ч, фактическая продолжительность солнечного сияния, т. е. когда солнце не закрыто облаками, составляет только 1736 ч. В Гродно за год бывает 156 пасмурных, 28 ясных и 181 полужасный день. Наибольшее количество пасмурных дней приходится на ноябрь—январь. Весной облачность уменьшается и достигает минимума летом (июль—август). Максимум ясных дней приходится на весну.

Гродно находится в зоне достаточного увлажнения. За год выпадает 545 мм осадков, из них 70 % выпадают в теплое время года (апрель—октябрь). Обильные ливневые осадки обычно связаны с выходом циклонов с юга и юго-запада и сопровождаются летом грозами, зимой метелями. Засушливые периоды связаны с антициклональной погодой, когда на европейской территории Советского Союза продолжительное время располагается мощный антициклон.

Снежный покров появляется в первой декаде ноября, но, как правило, не бывает устойчивым. Устойчивый снежный

покров в среднем устанавливается в конце второй декады декабря, разрушается в начале второй декады марта.

Средняя годовая скорость ветра 3,4 м/с. Сильные ветры (15 м/с и более) наблюдаются сравнительно редко и чаще всего в холодное время года (ноябрь—март). В году в среднем около 6 дней с сильным ветром.

Средняя повторяемость разных классов погоды в Гродно для строительного-климатического районирования дана в табл. 114, а критерии, по которым проводится классификация погоды, указаны в табл. 115. Термин «комфортная погода» (4-й класс) дан условно, так как чаще комфортные условия ограничивают более узкими интервалами температуры и влажности (см. гл. 8).

Таблица 114

Средняя повторяемость разных классов погоды

Класс погоды	Повторяемость, %	Класс погоды	Повторяемость, %
1. Жаркая погода	0,0	5. Прохладная погода	24,3
2. Засушливая погода	0,0	6. Холодная погода	42,2
3. Теплая погода	1,8	7. Суровая погода	0,1
4. Комфортная погода	31,6		

Таблица 115

Характеристика классов погоды (цифры в таблице — номера классов)

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %			
	≤24	25—49	50—74	≥75
≥32,0	2	1	1	1
31,9... 28,0	3	3	1	1
27,9... 24,0	3	4	3	1
23,9... 20,0	4	4	4	3
19,9... 12,0	4	4	4	4

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с			
	≤1,9	2—4,9	5—9,9	≥10
11,9... 4,0	5	5	5	5
3,9... -11,9	6	6	6	6
-12,0... -19,9	6	6	6	7
-20,0... -27,9	6	6	7	7
-28,0... -35,9	6	7	7	7
≤ -36,0	7	7	7	7

## 9.2. Особенности сезонов

Годовой ход метеорологических элементов обуславливает деление года на сезоны. В климатологии обычно границы сезонов определяют по датам перехода средней суточной температуры воздуха через определенные значения. Сроки наступления сезонов отличаются не только в разных районах, но и меняются от года к году в одном и том же районе, поэтому в отдельные годы могут быть довольно значительные отклонения времени наступления и окончания сезонов от указанных дат.

**Зима.** За границы зимы принимаются даты устойчивого перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ . В Гродно зима начинается в конце ноября (в среднем 24 ноября). В это время начинаются систематические вторжения холодных воздушных масс, появляется первый снежный покров, который может сходить и вновь образовываться, затяжные морозящие дожди чередуются с мокрым снегом. Интенсивно понижается температура воздуха.

Общая продолжительность зимы около четырех месяцев. В Гродно средняя суточная температура воздуха зимой может колебаться в широких пределах — от  $5$ ,  $10$  до  $-30$ ,  $-35^{\circ}\text{C}$ , но преобладает все же небольшая средняя суточная температура ( $0 \dots -10^{\circ}\text{C}$ ). Такая температура в среднем за декабрь—март бывает 61 день. Повторяемость более низкой температуры по мере понижения температуры воздуха уменьшается. Средняя суточная температура в интервале  $-10 \dots -15^{\circ}\text{C}$  в среднем наблюдается 10 дней за 4 месяца, а в интервале  $-15 \dots -20^{\circ}\text{C}$  — всего 3 дня. Значительные морозы с температурой  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже наблюдаются в среднем один день за сезон (в Витебске 4 дня, в Могилеве 3, в Минске 2).

Преимущественно мягкий характер зимы в Гродно объясняется влиянием теплых морских воздушных масс Атлантики или Средиземного моря. Частая смена этих воздушных масс холодными арктическими или континентальными приводит к постоянной смене морозных и оттепельных периодов.

Морозными считаются дни, когда максимальная температура воздуха не поднимается выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Средняя непрерывная продолжительность морозных периодов в Гродно примерно 5 дней. Периоды продолжительностью до 5 дней в среднем наблюдаются в 74 % всех случаев, а более 10 дней в 15 %. При морозной и ясной погоде уменьшается содержание влаги в воздухе, что, в частности, способствует просушиванию стен зданий.

В любом зимнем месяце бывают оттепели. В среднем декабрь—февраль приходится 46 дней с оттепелью (в Витебске 29 дней, в Минске 31, в Гомеле 34, в Бресте 51). Они в основном непродолжительны и в 64 % случаев длятся не более 5 дней. Чаще всего оттепели не отличаются высокими температурами, максимальная температура воздуха обычно не выше

4°C. Но бывают, хотя и редко, периоды, когда температура повышается до 8°C, а в начале и конце зимы даже до 15—16°C. За весь период наблюдений самая продолжительная оттепель (34 дня) была отмечена зимой 1912-13 г. Интенсивные и длительные оттепели среди зимы с теплой, но сырой погодой во многих отношениях следует рассматривать как неблагоприятное метеорологическое явление. При оттепелях активизируется деятельность болезнетворных микроорганизмов, увеличивается число простудных заболеваний. Оттепели отрицательно влияют на состояние зданий и сооружений, вызывая их разрушение в результате резких колебаний температуры. Снег во время оттепелей сильно подтаивает, а иногда даже сходит, что в результате приводит к глубокому промерзанию почвы.

В табл. 116 приведены сведения о температурном и ветровом режиме в наиболее теплую и наиболее холодную зиму.

В Гродно теплые зимы наблюдаются при выходе циклонов атлантического и средиземноморского происхождения, которые приносят теплые и влажные воздушные массы. В такие зимы преобладает облачная погода с осадками в виде снега и дождя, а в отдельных случаях с гололедом. Для таких зим характерны продолжительные оттепели и отсутствие устойчивого снежного покрова, как это наблюдалось в теплую зиму 1974-75 г. Снежный покров был неустойчив, высота его не превышала 2 см.

Холодные зимы наблюдаются при вторжениях арктических воздушных масс. Оттепели, если и бывают, характеризуются малой продолжительностью. В холодную зиму 1962-63 г. снежный покров в Гродно лежал 99 дней.

Зимой преобладает пасмурная погода. Примерно в течение 10—15 дней в месяц небо затянуто сплошной невысокой облачностью, которая обычно держится весь день. За всю зиму в Гродно бывает только 2—3 ясных дня.

Примерно 16—17 дней каждого из трех зимних месяцев бывают осадки. Чаще всего осадки выпадают в виде снега, но нередко при оттепелях морось, обложной слабый дождь или дождь со снегом. Часто возникают туманы (7—10 дней в месяц). За три зимних месяца наблюдается в среднем 9 дней с гололедом и 14 дней с изморозью.

Средняя скорость ветра за зиму составляет 3,8 м/с, но ежегодно каждый месяц бывают дни, когда скорость в отдельные часы может увеличиваться до 10 м/с и более. Усиление ветра может сопровождаться метелью (3—6 дней в каждом месяце) продолжительностью несколько часов. Частая смена морозных и оттепельных периодов, пасмурные дни, осадки, туманы, гололедные отложения — характерные признаки гродненской зимы.

Весна начинается в конце марта (20 марта), когда средняя суточная температура воздуха становится положительной. К этому времени устойчивый снежный покров разрушается, начинает оттаивать почва.

## Сведения о температурном и ветровом режиме в наиболее теплую и наиболее холодную зимы

Элемент	Теплая зима, 1974-75 г.				Холодная зима, 1962-63 г.			
	ХII	I	II	ХII-II	ХII	I	II	ХII-II
Средняя месячная температура, °С	1,3	1,2	-1,0	0,5	-5,9	-12,9	-9,0	-9,3
Отклонение температур от нормы, °С	4,1	6,3	3,5	4,6	-3,1	-7,8	-4,5	-5,1
Абсолютный максимум, °С	9,4	9,2	6,8	9,4	3,7	0,4	0,8	3,7
Абсолютный минимум, °С	-11,0	-12,1	-17,9	-17,9	-22,5	-29,0	-23,8	-29,0
Сумма отрицательных температур на последний день месяца, °С	-17,7	-16,6	-42,5	—	-184,6	-397,4	-252,4	—
Средняя месячная скорость ветра, м/с	5,2	5,4	5,2	5,3	4,1	2,9	5,2	4,1
Отклонение скорости ветра от нормы, м/с	1,3	1,5	1,5	1,4	0,2	-1,0	1,5	0,2
Максимальная скорость ветра, м/с	17	20	16	18	12	12	12	12
Число дней с метелью	—	4	3	—	1	11	13	25
Продолжительность метелей, ч	—	12	7	—	1	52	105	158

Весной в Гродно быстро увеличивается поток солнечной радиации. Разрушение снежного покрова приводит к резкому уменьшению альбедо; в несколько раз возрастает радиация, поглощаемая земной поверхностью. Под влиянием радиационного нагрева, теплого воздуха и весенних дождей начинается интенсивное снеготаяние и в среднем в конце марта — начале апреля снег исчезает совсем. Средняя дата схода снежного покрова в Гродно — 27 марта (в Витебске 10 апреля, в Могилеве 9 апреля, в Гомеле 2 апреля, в Бресте 23 марта).

В период разрушения снежного покрова и в первое время после его исчезновения большое количество тепла расходуется сначала на таяние снега, а затем на испарение влаги с поверхности почвы. Поэтому нарастание температуры в начале весны происходит довольно медленно. Лишь после того, как растаял снег и подсохла земля, температура воздуха начинает быстро повышаться и в последней декаде апреля она на  $6^{\circ}\text{C}$  выше, чем в первой. Температура продолжает повышаться и в мае, но не так интенсивно.

Весной температура воздуха может колебаться в более широких пределах, чем зимой; в целом преобладают положительные температуры до  $10^{\circ}\text{C}$ . В апреле отрицательная средняя суточная температура наблюдается в среднем около 2 дней, нередки температуры выше  $5^{\circ}\text{C}$  (18 дней). В мае больше погод летнего типа. В среднем в течение 22 дней стоит температура воздуха  $>10^{\circ}\text{C}$ , 11 дней температура выше  $15^{\circ}\text{C}$  и 2 дня выше  $20^{\circ}\text{C}$ . Весной увеличивается количество ясных, малооблачных дней и продолжительность солнечного сияния. Дни со сплошной невысокой облачностью наблюдаются редко. Облачность в течение дня меняется, но обычно облака не закрывают все небо.

Весной отмечается наименьшее число дней с осадками (в среднем 12—13 дней в каждом месяце). Изменяется характер осадков — обложные дожди сменяются интенсивными ливнями. В мае или апреле гремят первые грозы, иногда они сопровождаются градом.

В отдельные дни мая относительная влажность понижается до 30% и ниже. Ежегодно в мае можно ожидать в среднем три таких сухих дня (примерно  $\frac{1}{3}$  годового количества сухих дней в Гродно).

Весенняя погода, как правило, неустойчива. Периодические возвраты холодов типичны для гродненской весны. При холодных вторжениях арктических воздушных масс наблюдаются заморозки, особенно опасные поздней весной в период цветения.

С переходом средней суточной температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$  (в середине апреля) начинается вегетационный период. В табл. 1 Приложения представлен средний многолетний ход сезонного развития растительности. Сроки наступления фенологических явлений редко совпадают со средними много-

летними сроками. Наибольшие отклонения от средних многолетних для большинства растений могут достигать 20 дней.

**Лето.** Окончанием весны и началом лета можно считать переход средней суточной температуры воздуха через  $14^{\circ}\text{C}$  (23 мая). Лето продолжается около четырех месяцев и заканчивается, когда средняя суточная температура становится меньше  $10^{\circ}\text{C}$  (28 сентября). На летний сезон в Гродно приходится более половины годовой продолжительности солнечного сияния и поступающей за год солнечной радиации.

Лето умеренно теплое, влажное. В конце мая средняя суточная температура воздуха становится выше  $15^{\circ}\text{C}$  и удерживается на этом уровне до начала сентября.

Циркуляционные процессы летом ослабевают, поэтому в формировании погоды летом значительно повышается роль радиации. Это приводит к тому, что погода летом наиболее устойчивая. Средняя суточная температура воздуха колеблется в незначительных пределах. Около 77 % всех дней за сезон имеют среднюю суточную температуру  $10... 20^{\circ}\text{C}$  и около 22 %  $20... 30^{\circ}\text{C}$ . Увеличение роли радиации не означает, что влияние на погоду Атлантического океана и воздушных масс, приходящих с континента или из Арктики, несущественно. Морской воздух летом приносит прохладу. Изредка над Гродно проходят теплые массы тропического воздуха с юга и устанавливается очень жаркая погода: температура воздуха иногда поднимается до  $30^{\circ}\text{C}$  (в июле 1904 и 1959 гг. она достигала  $36^{\circ}\text{C}$ ). Очень жарким было лето 1901 г. Средняя за месяц температура воздуха в июне, июле и августе была на  $1,3—2,4^{\circ}\text{C}$  выше нормы. Температура днем повышалась до  $32—33^{\circ}\text{C}$ .

В отдельные годы, даже в самый разгар лета, при вторжении арктических воздушных масс возможны резкие похолодания. Очень холодным было лето 1962 г., особенно июнь. Средняя месячная температура воздуха была ниже нормы в августе на  $1,3$ , в июне на  $2,8$ , в июле на  $2,7^{\circ}\text{C}$ . Минимальная температура воздуха понизилась в июне до  $3$ , в июле и августе до  $6—7^{\circ}\text{C}$ . Холодная погода была вызвана циклонами, смещающимися с Норвежского моря и Скандинавии.

Примерно  $13—14$  дней в каждом месяце бывают обильные, но непродолжительные дожди. В среднем в течение дня дождь длится около 4 ч. Это в основном ливневые дожди. За весь период наблюдений самым дождливым было лето 1950 г., когда за июнь—август выпало  $367$  мм осадков (при норме  $225$  мм).

Ливневые дожди нередко сопровождаются грозами. Из 25 дней с грозами в году на июнь—август в среднем приходится 18 дней. В отдельные летние сезоны бывает более 25 дней с грозой (в 1946 г. 31 день). Иногда грозы сопровождаются градом. В Гродно он наблюдается сравнительно редко, в сезоне  $1—2$  раза в два года.

Несмотря на большое (в среднем) количество осадков летом, влага быстро испаряется. В связи с высокой температурой насыщенности воздуха водяными парами сравнительно небольшая днем, ночью она резко повышается.

Ветер летом в основном слабый, особенно в ночное время. Сильный (15 м/с и более) ветер преимущественно западного направления наблюдается в среднем 2—3 раза за сезон.

Осень начинается при переходе средней суточной температуры воздуха через 10 °С к меньшим значениям и заканчивается при переходе температуры через 0 °С. В Гродно начало осени приходится в среднем на 28 сентября (в Витебске на 22 сентября, в Минске и Гомеле на 24 сентября, в Бресте на 2 октября). Продолжается осень в Гродно в среднем до 24 ноября.

К концу сентября ночью и утром возникают первые заморозки на поверхности почвы. Постепенно уменьшается продолжительность дня и увеличивается облачный покров. Быстро убывает поток приходящей солнечной радиации. Преобладает пасмурная сырая ветреная с затяжными дождями погода. Осенью происходит смена летнего типа циркуляции на зимний. Усиливается циклоническая деятельность и западный перенос морских воздушных масс из района Атлантики, характерные для зимнего режима. В это время разница в температуре воздуха над океаном и континентом уменьшается, поэтому морские воздушные массы не оказывают большого влияния на температуру. Однако они приносят много влаги, что приводит к образованию сплошной облачности и выпадению обложных осадков.

В конце третьей декады октября средняя суточная температура воздуха переходит через 5 °С. Все чаще происходят вторжения холодных арктических масс, при которых температура воздуха понижается до 0 °С и ниже, а в отдельные ночи (в результате радиационного выхолаживания приземных слоев воздуха) и до —5... —10 °С (в среднем 1—2 дня).

Несмотря на общее ухудшение погоды и понижение температуры для осени характерны и возвраты тепла. На короткий срок устанавливается тихая, теплая и солнечная погода. Днем температура иногда может повышаться в октябре до 20, в ноябре до 15 °С.

Понижение температуры воздуха осенью сопровождается повышением относительной влажности.

По мере наступления осени возрастает число пасмурных дней (в октябре 13, в ноябре 20 дней). В октябре и ноябре примерно каждый второй день бывают обложные и моросящие дожди. В ноябре они продолжаются в среднем 8 ч (в день с дождем). Снежный покров неустойчив, может появляться и исчезать несколько раз за осень.

Туманы бывают почти каждый 3—4-й день. В конце осени может наблюдаться гололед и изморозь. Увеличение повторяе-

мости и интенсивности циклонов над Белоруссией вызывает осенью увеличение скорости ветра и числа дней с сильным ветром.

В табл. 1 Приложения приводится фенологический календарь развития растений осенью в Гродно. Листья на деревьях полностью опадают в конце октября.

### 9.3. Особенности городского климата

Большой город с многочисленными промышленными предприятиями, скоплением жилых и общественных зданий, каменным и асфальтовым покрытием улиц и площадей, парками и садами, транспортными средствами формирует свой местный климат, который значительно отличается от климата окрестностей и близлежащих малых городов. Скопление над городом загрязняющих примесей в виде различных органических и неорганических соединений в твердом, жидком и газообразном состоянии вследствие работы промышленных предприятий, отопления зданий, движения городского транспорта уменьшает как приход лучистой энергии, так и потерю тепла лучеиспусканием. Как уже указывалось в гл. 2, альbedo городской застройки, как правило, меньше, чем альbedo окружающей местности.

Климат неоднороден и внутри самого города, где формируются различные искусственные ландшафты. К периферии города плотность застройки уменьшается и увеличивается площадь зеленых насаждений.

Климатические данные метеостанции Гродно относятся к окраинным районам города. По данным наблюдений в Минске и Гомеле при ясном небе температура в центральных районах города в среднем на 0,6—0,8°C выше, чем на окраине. Максимальные температурные различия (до 4—6°C) наблюдаются ночью, когда нагретые за день стены зданий и асфальт отдают тепло, а потеря тепла лучеиспусканием уменьшена из-за повышенной загрязненности воздуха.

Днем усиливается конвективное и турбулентное перемешивание воздуха, поэтому разница температуры воздуха в центре и на окраине обычно не превышает 1°C. Суточная амплитуда температуры воздуха в центральной части города меньше, чем на окраине.

Температура почвы в городе очень изменчива, что связано с чередованием асфальтированных и травянистых поверхностей газонов и скверов, с тепловым влиянием коммуникаций теплоцентралей и отопительных систем и др.

В центральных районах города асфальт уменьшает естественное испарение, влага от осадков и полива стекает в канализационную сеть. В результате упругость водяного пара в центре города на 0,3—0,5 гПа ниже, чем на окраинах, относительная влажность на 3—7%.

Устойчивый снежный покров в городе появляется позднее, чем в пригороде, и сходит на несколько дней раньше, чем в окрестностях.

Скорость ветра в Гродно ниже, чем в окрестности. Площадь города представляет собой очень шероховатую поверхность, поэтому, как правило, скорость ветра внутри городской застройки меньше, чем измеренная на метеостанции. Однако в отдельных случаях на улицах, направление которых совпадает с направлением ветра, может наблюдаться и увеличение скорости ветра. застройка заметно изменяет и направление ветра.

От скорости и направления ветра существенно зависит степень загрязнения приземного слоя воздуха. В суточном ходе в зависимости от скорости ветра наблюдаются два максимума загрязнения. Один максимум наблюдается при ветре 0—1 м/с, когда перемешивание очень слабо и вблизи земли скапливаются примеси от низких источников выбросов (выход газов через фонари крыш предприятий, невысокие вентиляционные установки, выбросы небольших котельных и автотранспорта). Загрязнения от автотранспорта составляют примерно половину всех загрязнений. В выхлопных газах автомобилей содержится окись углерода, окислы азота и другие вредные вещества. Второй максимум загрязнения наблюдается при скорости ветра 4—5 м/с. Источник его — горячие выбросы заводских труб.

Существенно влияет на степень загрязнения вертикальное распределение температуры воздуха. Иногда возникает инверсионное распределение температуры, при котором температура в слое, прилегающем к земле или приподнятом над землей, с высотой не уменьшается, а увеличивается, т. е. имеет место приземная или приподнятая инверсия. Причины образования инверсий могут быть следующие: радиационное выхолаживание земной поверхности и прилегающего к ней слоя воздуха в ясные ночи, перенос (адвекция) относительно теплого воздуха на охлажденную поверхность; у земли его температура понижается по сравнению с вышележащими слоями. Инверсия резко ослабляет перемешивание воздуха. Приподнятый слой инверсии образует своеобразный потолок, задерживающий вертикальное перемешивание и способствующий накоплению загрязнения у земли. Поэтому при инверсиях концентрация примесей у земли значительно возрастает. Особенно опасны приземные инверсии в сочетании со слабой (0—1 м/с) скоростью ветра.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Фенологический календарь лесной, парковой и садовой растительности  
в Гродно и пригородах

Явление	Средняя дата
<b>Весна, лето</b>	
Начало сокодвижения у клена остролистного	17 III
Начало цветения ольхи серой	4 IV
Начало сокодвижения у березы бородавчатой	31 III
Набухание почек бузины красной	2 IV
Начало цветения орешника-лещины	2 IV
Набухание почек	
черемухи обыкновенной	8 IV
калны обыкновенной	14 IV
вяза шершавого	13 IV
Начало цветения осины	16 IV
Набухание почек	
березы бородавчатой	17 IV
клёна остролистного	20 IV
осины	20 IV
липы мелколистной	22 IV
Появление первых листьев черемухи обыкновенной	22 IV
Начало цветения вяза гладкого	26 IV
Набухание почек ясеня обыкновенного	27 IV
Начало цветения	
береста	28 IV
березы бородавчатой	28 IV
Появление первых листьев	
березы бородавчатой	28 IV
орешника-лещины	29 IV
Начало цветения	
крыжовника	30 IV
клена остролистного	4 V
смородины красной	3 V
груши садовой	7 V
ивы пурпуровой	3 V
Появление первых листьев	
осины	2 V
липы мелколистной	5 V
Начало цветения	
ивы белой	8 V
вишни садовой	7 V
сливы	6 V
черники	9 V
ясеня обыкновенного	7 V
черемухи обыкновенной	9 V
Появление первых листьев клена остролистного	12 V
Начало цветения	
земляники лесной	9 V
яблони Антоновки	12 V

Явление	Средняя дата
Появление первых листьев у ясеня обыкновенного	15 V
Начало цветения	
бузины красной	15 V
дуба черешчатого	15 V
ели обыкновенной	18 V
каштана конского	17 V
сирени обыкновенной лиловой	17 V
рябины лесной	22 V
жимолости татарской	23 V
калины обыкновенной	2 VI
крушины ломкой	3 VI
малины лесной	5 VI
бузины черной	18 VI
липы мелколистной	2 VII
Первые зрелые плоды	
черемухи обыкновенной	3 VII
смородины красной	7 VII
черники	8 VII
малины садовой	13 VIII
крыжовника	12 VII
вишни	7 VII
сливы	7 VIII
яблони Антоновка	14 VIII
<b>Осень</b>	
Полная осенняя окраска	
листьев клена остролистного	27 IX
листьев рябины лесной	1 X
листьев осины	12 X
листьев дуба черешчатого	16 X
березы бородавчатой	13 X
Конец листопада	
клена остролистного	22 X
рябины лесной	23 X
орешника-лещины	30 X
дуба черешчатого	30 X

Таблица 2

Период наблюдений, использованный в таблицах

Номер таблицы	Число лет	Период наблюдений	Номер таблицы	Число лет	Период наблюдений
Радикационный и световой режим 3—5	15	1948—1949, 1951—1963	17	18	1946—1963
			18, 20, 21	17	1945—1961
			19	15	1951—1965
			22	26	1940, 1945—1969
Атмосферная циркуляция					
13—14	6	1972—1977	23	21	1945—1965
			24	25	1945—1969
			25	20	1946—1965
15	31	1945—1975			
16	19	1945—1963			

Номер таб-лицы	Число лет	Период наблюдений	Номер таб-лицы	Число лет	Период наблюдений
Термический режим			68	34	1892—1965*
			69, 70	45	1891—1965*
26—30	38	1894—1960*	Облачность и атмосферные явления		
31	13	1948—1960			
32—34	16	1945—1960	71, 73	16	1940—1958*
35, 36	48	1894—1975*	72	14	1945—1958
37	33	1894—1960*	74, 92	21	1945—1965
38, 39	25	1897—1960*	75, 93	16	1945—1960
40	33	1894—1960*	76—79	23	1940—1965*
41, 42	26	1894—1962*	80—86	23	1946—1968
43	48	1894—1975*	87	20	1946—1965
44	27	1894—1960*	89	23	1950—1972
45—47	39	1894—1960*	90	23	1940—1965*
48	13	1948—1960	91	22	1940—1965*
49	38	1894—1960*	94, 95	25	1936—1965*
50	21	1945—1965	96, 97	22	1944—1965*
51	11	1950—1960	98, 99	22	1940—1965*
52, 55	14	1947—1960	Аномалии температуры воздуха и осадков		
53, 54	13	1950—1962	100—103	49	1894—1975*
			104—108	58	1894—1975*
			109	48	1894—1975*
			Комплексные характеристики и показатели биоклимата		
			110—113	11	1966—1976
Режим увлажнения					
56, 57, 59	22	1940—1965*			
58	21	1945—1965			
60—63	51	1894—1965*			
64	35	1895—1964*			
65	23	1940—1965*			
66, 67	16	1945—1960			

Примечание. Звездочкой (\*) отмечены периоды, когда наблюдения велись с перерывами.

Таблица 3

Освещенность (клк) горизонтальной поверхности для разных высот солнца и облачности без снежного покрова

Облач-ность, баллы	Высота солнца $h_{\odot}$										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Ясно, солнце											
0—1	4	9	15	23	31	39	48	58	67	76	85
Ясно, тень											
0—1	3	4	6	7	8	9	10	12	13	14	15
Перистые облака, солнце чисто											
2—3	4	10	15	24	32	40	49	58	68	77	86
4—6	5	10	16	24	33	41	51	60	70	79	88
7—8	5	10	16	25	33	43	53	64	73	83	92
9	5	11	17	25	37	48	60	69	79	86	97

Облач- ность, баллы	Высота солнца $h_{\odot}$										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55

Перистые облака, солнце в облаках

2—3	3	7	11	16	21	25	30	35	41	46	51
4—6	4	7	12	17	22	26	32	37	43	48	53
7—8	4	7	12	17	22	28	34	40	46	52	57
9—10	4	8	13	18	26	33	41	46	52	57	62

Высоко-кучевые облака, солнце чисто

2—3	4	10	16	24	33	42	52	62	74	84	94
4—6	5	11	17	26	36	47	59	70	80	90	99
7—8	5	11	18	29	40	52	63	73	83	92	101
9	5	11	19	31	43	54	65	76	86	96	105

Высоко-кучевые облака, солнце в облаках

2—3	3	5	7	8	10	12	14	16	20	22	24
4—6	4	6	8	10	13	17	21	24	26	28	29
7—8	4	6	9	13	17	22	25	27	29	30	31
9—10	4	6	10	15	20	24	27	30	32	34	35

Кучевые облака, солнце

2—3	4	10	16	25	34	43	52	62	70	81	90
4—6	5	11	18	27	37	46	56	65	75	84	93
7—8	5	11	17	27	37	46	56	66	76	85	95
9	5	10	16	26	35	44	54	65	75	86	95

Кучевые облака, тень

2—3	3	5	7	9	11	13	14	16	17	19	20
4—6	4	6	9	11	14	16	18	19	21	22	23
7—8	4	6	8	11	14	16	18	20	22	23	24
9—10	4	5	7	10	12	14	16	19	21	24	25

Слонсто-кучевые облака, солнце

2—3	4	9	16	24	33	42	52	61	70	79	88
4—6	4	10	17	27	37	47	57	66	76	84	93
7—8	5	11	17	28	39	50	60	70	81	90	99
9	4	9	16	27	38	47	59	72	86	96	105

Слонсто-кучевые облака, тень

2—3	3	4	7	8	10	12	14	15	16	17	18
4—6	3	5	8	11	14	17	19	20	22	22	23
7—8	4	6	8	12	16	20	22	24	27	28	29
9—10	3	4	7	11	15	17	21	26	32	34	35

Высоко-слонстые облака

10	2	4	12	17	21	26	30	34	40	44	49
----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Слонстые облака

10	2	3	4	6	8	9	11	12	14	15	16
----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

Дождевые облака

10	2	3	5	7	10	12	14	16	18	20	22
----	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Таблица 4

Освещенность (клк) горизонтальной поверхности для разных высот солнца и облачности при снежном покрове

Облач-ность, баллы	Высота солнца $h_{\odot}^{\circ}$							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Ясно, солнце								
0—1	5	10	16	24	32	40	49	58
Ясно, тень								
0—1	4	5	7	8	9	10	11	12
Перистые облака, солнце чисто								
2—3	5	10	16	24	33	41	51	62
4—6	5	11	17	26	35	45	56	66
7—8	5	11	18	27	39	50	61	70
9	5	11	19	34	46	56	66	75
Перистые облака, солнце в облаках								
2—3	4	7	12	16	22	26	31	37
4—6	4	8	13	18	23	29	35	41
7—8	4	8	14	18	26	33	39	44
9—10	4	8	15	24	32	39	45	50
Слоисто-кучевые облака, солнце								
2—3	4	10	17	25	33	42	52	62
4—6	4	11	17	27	37	48	58	69
7—8	5	11	17	31	44	57	68	80
9	4	10	18	36	56	70	84	94
Слоисто-кучевые облака, тень								
2—3	3	5	8	9	10	12	14	16
4—6	3	6	8	11	14	18	20	23
7—8	4	6	8	16	21	27	30	34
9—10	3	5	9	20	33	40	46	48
Слоистые облака								
10	3	5	7	14	20	27	34	41
Дождевые облака								
10	3	5	8	15	22	29	36	43

Таблица 5

Повторяемость (%) различных сочетаний скорости и направления ветра

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь								
0—1	1,9	1,3	1,7	2,9	2,6	2,6	3,2	1,8
2—5	5,1	5,0	5,0	8,0	8,6	13,2	10,8	6,4
6—9	0,9	0,6	1,6	2,1	1,9	4,3	3,2	1,3

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
10—13	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	1,8	0,8	0,2
14—17					0,1	0,3	0,1	
18—20						0,1		
Февраль								
0—1	1,8	2,4	2,5	2,3	2,1	4,7	3,7	3,5
2—5	4,7	4,5	7,2	7,0	6,6	9,7	12,0	5,8
6—9	2,0	1,3	1,9	2,4	1,0	2,8	3,2	2,1
10—13	0,2	0,1	0,4	0,4	0,1	0,3	0,6	0,2
14—17			0,1			0,2	0,1	0,1
Март								
0—1	1,9	1,5	3,0	2,2	2,6	3,0	3,2	2,5
2—5	6,6	5,3	10,3	11,1	4,7	7,7	9,4	6,3
6—9	2,0	1,0	1,9	2,4	0,9	1,9	2,5	2,5
10—13	0,5	0,3	0,1	0,5	0,2	0,5	0,3	0,5
14—17	0,2	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1
Апрель								
0—1	2,7	2,0	2,8	3,4	3,1	4,5	3,5	2,6
2—5	7,2	4,5	6,0	7,5	8,4	8,3	9,1	8,0
6—9	2,0	0,4	1,0	2,2	1,2	2,3	2,6	2,4
10—13	0,3	0,05		0,4	0,2	0,2	0,3	0,2
14—17	0,2					0,1	0,05	0,3
Май								
0—1	2,3	3,1	4,5	2,8	1,6	3,8	3,4	3,1
2—5	9,9	6,7	7,3	7,8	5,9	5,9	8,1	8,9
6—9	2,9	1,2	0,9	1,3	0,9	1,3	2,1	2,5
10—13	0,5	0,2	0,05	0,2	0,1	0,05	0,2	0,2
14—17	0,05	0,1		0,05				0,05
Июнь								
0—1	4,1	1,9	3,2	3,1	3,1	3,1	4,8	4,2
2—5	11,0	4,9	4,7	6,2	4,8	6,5	10,1	14,1
6—9	1,7	0,5	0,5	1,0	0,7	1,0	1,8	2,2
10—13	0,2			0,05	0,05	0,05	0,1	0,2
14—17							0,1	
Июль								
0—1	4,6	3,3	2,4	2,8	2,9	3,9	5,1	5,4
2—5	8,3	4,8	4,6	4,8	4,7	9,9	12,4	12,1
6—9	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	1,5	2,7	1,0
10—13			0,05			0,05		

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Август								
0-1	3,5	2,8	4,2	2,7	4,1	4,8	5,0	5,8
2-5	7,8	4,4	4,1	5,0	4,8	8,5	11,4	9,4
6-9	1,3	0,8	0,7	0,5	0,6	2,2	2,9	1,5
10-13	0,1	0,05		0,05		0,4	0,2	0,05
14-17	0,2	0,05					0,05	
Сентябрь								
0-1	2,4	1,0	3,0	4,2	3,4	7,4	6,0	4,2
2-5	4,9	2,2	3,6	7,1	6,8	11,6	13,2	7,8
6-9	0,9	0,3	0,4	0,7	0,8	2,5	3,0	1,3
10-13	0,1					0,3	0,6	0,1
14-17	0,05					0,05	0,05	0,05
Октябрь								
0-1	2,5	1,6	2,6	3,2	4,0	4,9	5,2	2,9
2-5	3,5	2,5	5,4	8,4	8,4	13,5	10,8	6,9
6-9	1,0	0,6	1,3	1,1	1,0	3,2	2,4	1,6
10-13		0,05	0,2	0,2		0,2	0,6	
14-17				0,05		0,05	0,05	0,1
Ноябрь								
0-1	1,7	1,5	2,4	4,4	3,5	4,1	3,2	0,9
2-5	3,2	2,7	7,4	13,1	8,9	10,3	8,4	4,7
6-9	0,6	0,3	3,4	4,8	1,6	2,9	1,8	1,3
10-13	0,3		0,3	0,5	0,1	0,7	0,3	0,1
14-17	0,1		0,05		0,05	0,2	0,1	0,1
Декабрь								
0-1	0,7	1,0	2,0	2,5	2,8	4,8	3,4	1,6
2-5	2,8	2,6	6,5	11,6	10,3	14,1	9,1	3,6
6-9	1,0	0,6	2,8	3,3	1,3	4,4	3,2	0,7
10-13	0,05	0,1	0,9	0,3	0,3	0,7	0,4	0,1
14-17				0,1		0,2	0,05	0,1

Таблица 6  
Повторяемость (%) различных сочетаний скорости и направления ветра  
в разные часы суток

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь								
Срок наблюдения 2 ч								
0-1	2,6		3,1	3,7	2,2	2,6	3,3	1,7
2-5	5,5	5,2	5,2	8,1	8,1	14,4	10,0	5,9
6-9	0,4	0,6	1,3	1,3	1,7	5,2	3,5	0,6
10-13		0,2	0,4		0,2	1,3	0,4	
14-17						0,9	0,4	

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	1,5	1,7	1,7	3,2	4,1	3,0	3,7	0,6
2—5	5,6	5,2	5,4	7,8	8,8	12,5	12,3	6,5
6—9	0,9	0,2	1,3	2,4	1,5	3,4	2,2	0,9
10—13		0,2				2,2	0,6	0,2
14—17						0,4		
Срок наблюдения 14 ч								
0—1	1,1	1,1	1,5	1,9	2,4	1,9	2,2	2,8
2—5	4,1	4,5	5,2	7,8	8,4	12,7	11,9	6,4
6—9	1,5	0,6	1,9	2,4	2,6	4,3	4,3	2,4
10—13		0,2			0,2	2,4	0,9	0,4
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	2,4	2,4	0,4	2,8	1,7	2,8	3,7	2,2
2—5	5,2	5,2	4,3	8,7	9,3	13,4	9,1	6,7
6—9	0,9	0,9	2,0	2,2	1,7	4,1	3,0	1,5
10—13	0,2	0,2		0,2		1,3	1,1	
14—17					0,2			
18—20						0,2		
Февраль								
Срок наблюдения 2 ч								
0—1	1,6	2,6	2,6	2,6	2,6	9,3	4,0	2,6
2—5	5,0	5,0	6,4	6,2	6,4	9,3	9,7	6,4
6—9	1,2	0,7	2,1	2,4	1,2	2,4	2,8	1,7
10—13	0,2	0,2	0,2		0,2	1,0	0,7	0,2
14—17						0,5		
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6	4,3	3,8	4,0
2—5	4,0	5,7	6,9	8,1	6,7	9,5	13,3	5,0
6—9	1,7	0,5	1,4	1,9	1,4	2,9	2,2	1,4
10—13			0,7	0,5	0,2		1,0	0,2
14—17							0,2	
Срок наблюдения 14 ч								
0—1	0,9	1,7	1,2	2,4	1,9	1,4	2,4	3,5
2—5	4,3	3,3	8,5	6,6	6,6	11,6	12,7	6,1
6—9	3,1	2,4	2,1	2,4	1,2	3,1	3,8	3,5
10—13	0,2	0,2	0,2	0,9		0,2	0,7	0,5
14—17			0,2					0,2
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	2,6	2,6	3,5	1,4	1,4	4,0	4,5	3,7
2—5	5,7	4,0	7,1	7,1	6,8	8,5	12,0	5,7
6—9	2,4	1,7	1,9	2,8	0,5	3,1	4,2	1,7
10—13	0,2		0,5					
14—17						0,2		0,2

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
------------------	---	----	---	----	---	----	---	----

### Март

#### Срок наблюдения 2 ч

0—1	1,3	1,3	3,7	3,7	3,7	3,7	4,6	4,2
2—5	7,5	5,7	9,3	11,0	5,5	7,3	7,1	5,7
6—9	2,0	1,3	1,8	1,6	1,3	0,9	1,8	0,9
10—13	0,2	0,2		0,4		0,7	0,4	
14—17	0,4	0,2				0,2	0,2	0,2

#### Срок наблюдения 8 ч

0—1	2,6	1,7	1,7	1,3	2,6	4,8	2,8	2,0
2—5	5,4	6,1	11,0	10,6	4,5	9,5	9,3	7,1
6—9	1,7	1,3	1,5	2,4	0,6	1,3	2,2	3,2
10—13	0,4	0,4		0,4	0,2	0,2	0,4	0,6
14—17						0,2		

#### Срок наблюдения 14 ч

0—1	2,2	1,5	3,4	1,5	2,2	1,1	1,5	1,5
2—5	5,2	4,7	10,1	12,3	5,4	6,5	9,0	5,8
6—9	3,2	0,4	2,6	3,0	0,6	3,7	4,1	3,4
10—13	1,1	0,4	0,4	0,9	0,2	0,6	0,4	1,1

#### Срок наблюдения 20 ч

0—1	1,7	1,5	3,4	2,4	2,2	2,4	3,9	2,4
2—5	8,4	4,9	11,0	11,0	3,7	8,0	10,0	6,9
6—9	1,3	1,1	1,7	2,6	0,9	1,7	1,9	2,6
10—13	0,4			0,2	0,2	0,6		0,4
14—17	0,2				0,2			0,2

### Апрель

#### Срок наблюдения 2 ч

0—1	4,6	2,3	5,0	4,6	4,6	9,0	4,6	5,6
2—5	7,5	4,4	4,6	5,4	7,5	6,1	7,2	7,4
6—9	0,6	0,2	0,6	1,5	0,8	1,7	1,3	1,7
10—13		0,2				0,2		0,4
14—17	0,2						0,2	

#### Срок наблюдения 8 ч

0—1	3,1	2,3	2,3	5,7	3,6	4,2	4,2	2,7
2—5	6,7	4,8	7,1	7,5	6,9	9,2	9,4	7,7
6—9	1,5	0,2	1,3	1,9	0,4	2,3	3,1	1,1
10—13	0,6							
14—17								0,2

#### Срок наблюдения 14 ч

0—1	1,5	1,5	0,8	1,0	0,2	2,1	1,5	0,4
2—5	5,9	3,1	6,5	8,2	10,2	10,4	8,8	9,0
6—9	2,9	0,8	1,5	3,6	2,9	4,2	4,6	4,2
10—13	0,2			1,2	0,6	0,2	0,8	0,2
14—17	0,2					0,2		0,6

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	1,7	1,9	2,9	2,5	4,0	2,9	3,8	1,7
2—5	9,0	5,6	5,6	9,0	9,0	7,5	11,1	8,0
6—9	2,9	0,4	0,8	1,9	0,8	1,0	1,5	2,7
10—13	0,4			0,2		0,2	0,2	0,2
14—17	0,2					0,2		0,2
Май								
Срок наблюдения 2 ч								
0—1	4,4	4,4	9,7	6,5	1,8	6,3	3,4	6,3
2—5	9,3	5,4	5,3	5,0	5,0	5,4	6,1	8,3
6—9	1,6	1,2	0,2	0,4	0,4	1,0	0,4	0,8
10—13	0,6			0,2	0,2			0,2
14—17	0,2							
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	1,8	3,0	5,0	2,2	2,4	4,9	4,9	3,0
2—5	8,1	9,1	7,1	8,5	5,7	8,1	7,7	7,9
6—9	2,0	1,0	0,6	1,0	0,4	0,8	2,6	1,6
10—13	0,4	0,2						
Срок наблюдения 14 ч								
0—1	0,8	1,2	0,4	1,2	1,2	1,8	1,0	1,2
2—5	9,3	5,3	9,1	8,3	7,5	4,9	9,7	7,9
6—9	4,9	1,6	2,0	2,4	2,0	3,5	4,5	5,1
10—13	0,6	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,4	0,2
14—17	0,2							0,2
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	2,2	3,8	3,0	1,2	1,2	1,8	4,4	1,8
2—5	13,1	7,3	7,7	8,9	5,7	5,5	8,9	11,5
6—9	3,2	0,8	0,8	1,4	0,8		1,0	2,6
10—13	0,4						0,4	0,2
14—17		0,2		0,2				
Июнь								
Срок наблюдения 2 ч								
0—1	7,5	2,5	5,3	4,0	4,0	5,0	7,9	9,4
2—5	10,0	4,6	4,2	4,2	3,6	3,3	6,5	14,2
6—9	0,6	0,4	0,2	0,4	0,8	0,2	0,2	0,8
10—13							0,2	
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	5,0	2,7	3,3	5,0	5,0	3,6	3,8	2,7
2—5	11,3	5,2	5,4	7,3	4,0	6,7	10,0	13,0
6—9	0,8	0,8		0,8		1,1	0,8	1,5
10—13	0,2							

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
------------------	---	----	---	----	---	----	---	----

Срок наблюдения 14 ч

0—1	1,3	0,9	1,5	0,6	1,0	1,9	2,1	2,2
2—5	9,2	5,3	4,0	7,6	7,6	9,2	11,3	11,8
6—9	2,7	0,6	1,0	2,3	1,9	2,7	4,6	4,8
10—13	0,6			0,2	0,2		0,2	0,2
14—17							0,4	

Срок наблюдения 20 ч

0—1	2,7	1,5	2,5	2,7	2,3	2,1	5,0	2,5
2—5	13,4	4,6	5,2	5,8	4,2	6,9	13,0	17,3
6—9	2,5		0,8	0,4	0,2	0,2	1,5	1,7
10—13	0,2					0,2		0,6

Июль

Срок наблюдения 2 ч

0—1	8,5	4,8	4,4	3,0	4,8	6,1	6,5	9,5
2—5	7,7	3,6	3,2	3,0	3,6	7,5	8,1	11,7
6—9	0,4	0,8	0,2	0,4		1,4	0,8	

Срок наблюдения 8 ч

0—1	3,2	3,8	1,4	3,4	3,4	6,7	5,5	4,6
2—5	6,7	5,9	5,5	4,6	5,8	11,9	11,1	11,3
6—9	1,0	0,4	0,6	0,2		0,2	2,6	0,2

Срок наблюдения 14 ч

0—1	1,6	1,2	1,4	1,4	1,0	1,0	3,0	2,4
2—5	8,3	4,2	5,0	6,5	5,3	11,3	17,0	12,3
6—9	1,6	0,8	1,0	0,8	0,8	3,6	5,7	2,4
10—13			0,2			0,2		

Срок наблюдения 20 ч

0—1	5,3	3,2	2,2	3,4	2,4	2,0	5,2	4,9
2—5	10,5	5,5	4,9	4,7	4,1	9,1	13,7	13,1
6—9	0,6	0,8		0,4		0,8	1,8	1,4

Август

Срок наблюдения 2 ч

0—1	5,3	4,1	4,6	1,2	7,1	7,7	8,3	11,1
2—5	6,3	4,2	3,4	3,2	2,8	6,9	7,8	8,7
6—9	1,0	0,6	0,6	0,4	0,2	1,8	1,6	0,6
10—13						0,4		
14—17		0,2						

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	4,7	2,0	5,7	4,7	4,2	6,1	4,6	4,7
2—5	5,5	4,8	4,0	4,4	5,7	11,5	12,3	8,7
6—9	1,0	0,6	0,2	0,4	0,2	0,8	1,8	1,0
10—13						0,2		
14—17	0,2							
Срок наблюдения 14 ч								
0—1	1,2	1,4	1,2	1,2	2,6	1,8	2,4	2,6
2—5	7,5	4,3	4,0	7,5	5,8	9,5	12,9	9,9
6—9	2,4	1,6	1,6	0,8	1,6	5,1	5,3	3,4
10—13				0,2		0,8	0,4	0,2
14—17	0,6						0,2	
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	3,0	3,2	5,3	3,6	2,6	3,8	4,9	4,8
2—5	11,7	4,5	5,1	4,9	5,1	6,3	12,5	10,5
6—9	0,8	0,4	0,2	0,6	0,4	1,0	2,8	0,8
10—13	0,4	0,2				0,2	0,4	
Сентябрь								
Срок наблюдения 2 ч								
0—1	2,7	0,6	2,7	4,4	5,0	14,6	10,2	6,5
2—5	3,8	1,9	2,1	5,9	5,7	9,6	10,0	7,1
6—9	0,8		0,6	0,4	0,4	1,7	1,7	0,6
10—13						0,6	0,4	
Срок наблюдения 8 ч								
0—1	1,0	0,6	5,4	5,6	4,2	7,9	5,9	3,6
2—5	4,6	2,5	4,8	7,1	6,9	14,0	12,7	7,9
6—9	0,2	0,4			0,2	1,0	2,1	0,2
10—13	0,2					0,2	0,6	
14—17	0,2							
Срок наблюдения 14 ч								
0—1	1,7	0,4	0,4	2,1	2,5	1,9	1,6	0,8
2—5	5,9	1,9	4,1	8,6	7,9	12,3	14,8	8,2
6—9	2,1	0,6	0,8	2,1	2,1	5,4	6,1	3,1
10—13	0,4					0,2	1,2	0,2
14—17						0,2	0,2	0,2
Срок наблюдения 20 ч								
0—1	4,2	2,3	3,3	4,8	1,9	5,2	6,5	6,1
2—5	5,4	2,5	3,5	7,3	6,3	10,6	15,4	7,9
6—9	0,6		0,2	0,2	0,6	1,9	2,1	1,2

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
------------------	---	----	---	----	---	----	---	----

### Октябрь

#### Срок наблюдения 2 ч

0—1	3,4	1,6	2,4	4,2	4,6	8,1	8,5	3,4
2—5	3,2	1,8	4,0	7,1	7,5	12,9	8,9	6,4
6—9	0,8	0,6	0,6	0,4	1,0	3,8	1,8	1,2
10—13		0,2	0,4	0,2		0,2	0,4	
14—17				0,2			0,2	

#### Срок наблюдения 8 ч

0—1	1,2	2,9	2,9	3,2	3,9	5,0	5,9	2,2
2—5	4,3	2,9	5,5	8,5	8,3	14,6	11,6	7,3
6—9	0,2	0,2	1,6	0,8	0,4	2,6	1,2	1,4
10—13			0,2	0,2			0,8	
14—17						0,2		

#### Срок наблюдения 14 ч

0—1	1,2	0,2	1,2	1,8	2,0	2,4	1,6	1,6
2—5	4,5	2,2	6,9	9,5	10,5	13,7	11,3	8,1
6—9	2,0	1,0	1,8	1,6	1,6	3,4	4,5	3,2
10—13			0,2	0,2		0,4	1,0	
14—17								0,4

#### Срок наблюдения 20 ч

0—1	4,0	2,0	3,8	3,0	5,5	4,2	4,9	4,4
2—5	2,2	3,2	5,3	8,1	7,3	12,9	11,5	5,9
6—9	1,2	0,4	1,2	1,8	1,2	2,8	2,0	0,8
10—13			0,2				0,2	

### Ноябрь

#### Срок наблюдения 2 ч

0—1	2,3	0,4	3,1	4,0	3,5	4,4	4,4	0,8
2—5	3,5	2,3	7,3	12,5	8,2	10,9	9,6	4,4
6—9	0,6	0,2	2,5	5,4	2,3	1,9	1,7	0,8
10—13	0,2		0,4	0,4		0,6	0,4	0,2
14—17	0,2		0,2		0,2			0,2

#### Срок наблюдения 8 ч

0—1	1,5	2,1	2,5	4,4	4,8	4,8	1,9	0,6
2—5	3,4	2,5	7,7	13,4	8,8	10,5	7,3	4,8
6—9	0,6	0,8	3,1	4,0	1,0	3,8	2,1	1,0
10—13	0,2		0,4	0,6		0,8	0,2	0,2
14—17							0,2	

Скорость, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
------------------	---	----	---	----	---	----	---	----

Срок наблюдения 14 ч

0—1	0,8	0,8	2,3	3,8	1,9	3,1	2,5	1,0
2—5	2,9	3,3	7,3	14,2	10,2	10,9	8,4	4,2
6—9	0,6	0,2	3,5	5,0	1,5	3,6	2,7	2,5
10—13	0,4		0,2	0,6	0,2	0,4	0,2	
14—17						0,4	0,2	0,2

Срок наблюдения 20 ч

0—1	2,3	2,5	1,9	5,4	4,0	4,0	4,2	1,0
2—5	2,9	2,7	7,5	12,3	8,6	9,0	8,6	5,7
6—9	0,4		4,4	4,4	1,7	2,5	0,8	0,6
10—13	0,4		0,2	0,2		1,0	0,2	
14—17	0,2					0,4		

Декабрь

Срок наблюдения 2 ч

0—1	1,8	1,2	2,6	1,8	3,5	5,3	3,5	2,2
2—5	2,6	2,0	6,1	10,8	10,2	12,0	8,9	4,1
6—9	0,8	0,4	2,4	4,3	0,8	5,1	2,4	0,6
10—13	0,2	0,2	1,0	0,6	0,6	0,6	0,4	0,2
14—17				0,2		0,2	0,2	0,2

Срок наблюдения 8 ч

0—1		1,6	2,4	2,6	2,2	4,3	4,3	2,4
2—5	2,2	2,4	6,9	12,1	10,1	17,2	8,1	2,8
6—9	1,8	0,6	2,4	2,8	1,0	3,0	2,8	0,2
10—13		0,2	1,0	0,4	0,2	1,6	0,2	0,2

Срок наблюдения 14 ч

0—1			2,2	2,0	2,4	4,3	2,4	0,2
2—5	3,7	3,0	6,5	11,5	11,7	13,2	10,3	3,4
6—9	0,6	0,6	3,4	2,8	1,8	6,3	4,9	1,0
10—13			0,6			0,4	0,4	
14—17						0,2		0,2

Срок наблюдения 20 ч

0—1	1,2	1,2	0,6	3,4	3,0	5,5	3,4	1,6
2—5	2,8	2,8	6,9	11,9	9,5	14,4	9,3	4,1
6—9	0,6	0,8	2,4	3,2	1,8	3,2	2,8	0,8
10—13		0,2	0,8	0,2	0,4		0,6	
14—17				0,2		0,4		

Таблица 7

## Повторяемость (%) основных форм облаков в разные часы суток

Облака	Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Перистые	2	2	3	5	7	9	18	8	8	8	6	5	7	8
	8	4	12	25	25	28	33	30	28	29	28	18	9	25
	14	11	20	20	21	23	24	26	22	21	27	21	25	23
	20	4	8	16	29	32	36	36	39	25	10	5	7	25
Перисто-кучевые	2			1	0,3	1	1	1	1	1	0,4			1
	8				0,3	1	1	1	1	1			1	0,5
	14			0,4	0,3	0,2	1	1	1	0,3			1	3
	20													
Перисто-слоистые	2	3	3	4	4	2	2	1	2	3	1	3	6	2
	8	1	3	7	9	5	6	5	6	6	4	3	3	5
	14	2	7	7	12	6	7	6	4	3	5	6	6	6
	20	2	3	5	7	4	5	5	5	4	2	1	3	4
Высококучевые	2	10	7	6	8	11	12	15	14	15	12	11	10	11
	8	15	27	21	25	26	32	35	37	26	25	27	15	28
	14	19	19	18	15	13	17	17	21	20	22	25	22	19
	20	7	7	12	21	22	24	26	29	20	17	10	11	20
Высокослоистые	2	18	13	4	8	9	9	10	9	8	8	9	11	9
	8	19	23	14	15	11	17	15	18	16	17	22	16	16
	14	22	16	14	12	7	11	9	13	14	11	17	14	13
	20	12	13	13	16	12	14	19	16	12	9	6	8	13
Кучевые	2				0,2	0,2	0,2	0,4						0,1
	8	0,2		0,2	2	4	6	6	4	1				2
	14	0,5	1	10	38	52	56	60	55	39	15	4	1	29
	20				2	9	15	15	6	1				4

Облака	Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Кучево-дождевые	2	0,2	2	1	1	3	5	4	5	1	1	0,2	1	2
	8	0,5	1	0,4	2	3	3	2	3	1	1	0,5	0,2	2
	14	1	1	2	6	10	13	12	9	9	5	1	2	6
	20	1	0,5	1	4	11	15	11	12	4	1	1	2	5
Слоисто-кучевые	2	27	27	22	29	31	39	35	24	34	37	30	28	30
	8	33	33	26	29	29	26	27	28	30	38	29	30	30
	14	27	30	26	38	44	40	42	44	44	44	33	33	37
	20	29	29	31	48	53	50	50	52	48	39	28	27	41
Слоисто-дождевые	2	21	18	10	10	4	7	5	5	5	7	15	19	10
	8	19	22	15	12	5	8	4	7	7	10	18	18	12
	14	18	17	11	9	4	4	4	6	4	8	18	16	10
	20	18	16	11	9	4	4	3	3	6	8	16	18	9
Слоистые	2	24	14	15	4	3	3	2	4	4	11	33	26	12
	8	27	22	13	8	6	7	8	11	11	18	36	30	16
	14	27	19	11	3	1	1	1	1	3	12	31	28	11
	20	24	17	7	4	1	1	0,2	1	1	8	34	30	10
Разорванно-дождевые	2	11	9	5	9	5	6	5	5	6	6	13	14	8
	8	10	12	8	11	6	9	8	9	9	12	17	13	10
	14	12	14	7	9	5	6	6	7	5	10	17	14	9
	20	11	9	6	10	5	5	5	6	6	8	14	14	8
Неба не видно из-за тумана или метели	2	5	6	2	1	0,2	1	0,4	1	1	4	10	11	4
	8	6	10	6	6	2	1	3	6	7	16	13	13	7
	14	7	4	2	0,2		2				2	9	13	3
	20	6	4	2	0,2						2	9	9	3

# УКАЗАТЕЛЬ ТАБЛИЦ

1. Начало и конец дня и сумерек (ч мин) в Гродно (время декретное) . . . . .	12
2. Начало и конец облучения стен прямой солнечной радиацией (ч мин) при безоблачном небе на 15-е число . . . . .	15
3. Часовая и суточная продолжительность (ч) солнечного сияния . . . . .	16
4. Месячная продолжительность солнечного сияния $\tau$ (ч), ее отношение к возможной $\tau/\tau'$ (%) и число дней без солнца $n$ . . . . .	17
5. Возможная и действительная суточная продолжительность солнечного сияния для стен различной ориентации . . . . .	17
6. Суточные суммы радиации (МДж/м <sup>2</sup> ) при безоблачном небе . . . . .	19
7. Месячные и годовые суммы радиации (МДж/м <sup>2</sup> ) при действительных условиях облачности . . . . .	20
8. Среднее альbedo $A$ разных покрытий . . . . .	22
9. Значение коэффициента $k_S = S_{\text{скл}}/S'$ для склонов с разным углом наклона $\alpha$ . . . . .	23
10. Суммы фотосинтетически активной радиации (МДж/м <sup>2</sup> ) . . . . .	24
11. Средняя освещенность (клк) горизонтальной поверхности . . . . .	24
12. Определение сумеречной освещенности по глубине или времени погружения солнца . . . . .	25
13. Повторяемость разных форм барических образований . . . . .	27
14. Типы погоды в зимнем (декабрь—февраль) и летнем (июнь—август) сезонах . . . . .	34
15. Средние значения и абсолютные экстремумы атмосферного давления $p$ (гПа) . . . . .	36
16. Повторяемость (%) направлений ветра и штилей . . . . .	38
17. Повторяемость (%) направлений ветра и штилей в разные часы суток . . . . .	38
18. Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средней месячной и годовой скорости ветра и ее средние квадратические отклонения $\sigma$ . . . . .	40
19. Повторяемость (%) скорости ветра по градациям . . . . .	40
20. Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) в разные часы суток . . . . .	42

21. Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) по направлениям . . . . .	42
22. Число дней с сильным ветром по сезонам . . . . .	43
23. Повторяемость (%) разных направлений при сильном ветре ( $\geq 15$ м/с) . . . . .	43
24. Число дней со скоростью ветра хотя бы в один из сроков выше указанного предела и во все сроки $< 6$ м/с . . . . .	43
25. Наибольшие скорости ветра по направлениям, возможные один раз в 5, 10, 20 и 50 лет . . . . .	44
26. Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средней месячной и годовой температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	46
27. Средняя температура воздуха по декадам ( $^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	47
28. Повторяемость (%) разных градаций средней месячной и годовой температуры воздуха . . . . .	48
29. Средняя месячная температура воздуха разной обеспеченности . . . . .	50
30. Число дней со средней суточной температурой воздуха в разных пределах . . . . .	50
31. Суточный ход температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	51
32. Суточная амплитуда температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) независимо от состояния неба и при разном состоянии неба (по нижней облачности) . . . . .	53
33. Повторяемость (%) различных градаций суточной амплитуды температуры воздуха . . . . .	53
34. Повторяемость различных градаций междусуточной изменчивости температуры воздуха и средняя междусуточная изменчивость . . . . .	54
35. Минимальная температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	55
36. Экстремальные температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) по сезонам . . . . .	55
37. Число дней с минимальной температурой воздуха в разных пределах . . . . .	56
38. Даты наступления первого заморозка различной вероятности . . . . .	58
39. Даты наступления последнего заморозка различной вероятности . . . . .	58
40. Среднее число дней с отрицательной температурой во все часы суток, с переходом температуры через $0^{\circ}\text{C}$ , с положительной температурой во все часы суток и с оттепелью . . . . .	58
41. Повторяемость (%) морозных периодов и периодов с оттепелью различной непрерывной продолжительности, средняя и наибольшая непрерывная продолжительность . . . . .	59
42. Повторяемость (%) дней с различной максимальной температурой при оттепелях . . . . .	59
43. Максимальная температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	60
44. Число дней с максимальной температурой воздуха в различных пределах . . . . .	61
45. Даты наступления средних суточных температур воздуха выше или ниже определенных значений различной обеспеченности . . . . .	62
46. Продолжительность (дни) периода со средними суточными температурами выше определенных значений различной обеспеченности . . . . .	63
47. Суммы средних суточных температур ( $^{\circ}\text{C}$ ) воздуха выше 0, 5, 10, $15^{\circ}\text{C}$ различной вероятности . . . . .	64

48. Средняя непрерывная продолжительность интервалов со средней суточной температурой выше или ниже заданного уровня . . . . .	64
49. Расчетная температура холодного периода для целей проектирования . . . . .	65
50. Средняя температура воздуха (°С) в зависимости от направления ветра . . . . .	65
51. Средняя месячная, максимальная и минимальная температура (°С) поверхности почвы . . . . .	67
52. Средняя месячная температура (°С) верхних слоев почвы по колечатым термометрам . . . . .	68
53. Средняя месячная и годовая температура почвы (°С) по вытяжным термометрам . . . . .	68
54. Среднее и наибольшее число дней с температурой почвы не более 0°С . . . . .	69
55. Глубина промерзания почвы (см) . . . . .	70
56. Средние многолетние, максимальные и минимальные значения средних месячных и годовых характеристик влажности воздуха и их средние квадратические отклонения . . . . .	74
57. Характеристики влажности в разные часы суток . . . . .	75
58. Повторяемость (%) относительной влажности воздуха в 14 ч в разных пределах . . . . .	76
59. Число дней с относительной влажностью воздуха $r \leq 30\%$ в один из сроков наблюдений и $r \geq 80\%$ в 14 ч . . . . .	76
60. Среднее количество осадков (мм) . . . . .	78
61. Повторяемость (%) отклонений месячных сумм осадков от средних значений . . . . .	79
62. Повторяемость (%) годового максимума и минимума осадков по месяцам . . . . .	79
63. Наибольшие и наименьшие месячные и годовые суммы осадков и суммы различной обеспеченности . . . . .	80
64. Максимумы суточного количества осадков (мм) различной обеспеченности . . . . .	81
65. Число дней с разным количеством осадков . . . . .	81
66. Число дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками . . . . .	83
67. Среднее число сухих и дождливых периодов в теплое время года . . . . .	85
68. Период с устойчивым снежным покровом . . . . .	86
69. Средняя декадная высота снежного покрова (см) на метеоплощадке . . . . .	87
70. Повторяемость (%) высоты снежного покрова по декадам . . . . .	87
71. Повторяемость (%) ясного, полужасного и пасмурного состояния неба . . . . .	89
72. Повторяемость (%) различных градаций нижней облачности при определенных градациях общей облачности . . . . .	91
73. Число ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности . . . . .	92
74. Средняя месячная и годовая облачность (балл) . . . . .	92

75. Повторяемость (%) основных форм облаков . . . . .	93
76. Число дней с туманом . . . . .	94
77. Повторяемость (%) числа дней с туманом по месяцам . . . . .	94
78. Суммарная продолжительность туманов (ч) . . . . .	95
79. Повторяемость (%) туманов различной продолжительности . . . . .	95
80. Число дней с гололедно-изморозевыми отложениями на проводах . . . . .	97
81. Повторяемость (%) продолжительности обледенения проводов . . . . .	97
82. Максимальная величина отложения на проводах . . . . .	98
83. Повторяемость (%) различных значений большого диаметра отложения . . . . .	98
84. Повторяемость (%) различных направлений ветра и штилей при максимальном отложении на проводах . . . . .	99
85. Повторяемость (%) различной скорости ветра при максимальном отложении на проводах . . . . .	99
86. Повторяемость (%) температуры воздуха в различных пределах при максимальном отложении на проводах . . . . .	100
87. Повторяемость атмосферных явлений при максимальном отложении на проводах . . . . .	100
88. Коэффициенты пересчета массы отложений с провода гололедного станка (диаметр 5 мм, высота 2 м) на провод диаметром 10 мм на высоте 10 м . . . . .	101
89. Массы отложений на проводах гололедного станка и ЛЭП и гололедные нагрузки на них, возможные раз в заданное число лет . . . . .	101
90. Число дней с метелями и поземками . . . . .	102
91. Суммарная продолжительность метелей (ч) . . . . .	103
92. Повторяемость (%) метелей различной продолжительности . . . . .	103
93. Повторяемость (%) температуры воздуха в разных пределах при метелях . . . . .	104
94. Число дней с грозой . . . . .	105
95. Повторяемость (%) различного числа дней с грозой по месяцам . . . . .	105
96. Суммарная продолжительность гроз (ч) . . . . .	106
97. Повторяемость (%) гроз различной продолжительности . . . . .	106
98. Число дней с градом . . . . .	107
99. Повторяемость (%) различного числа дней с градом в отдельные месяцы . . . . .	107
100. Аномалии (°С) средней месячной и средней годовой температуры воздуха 20%-ной обеспеченности . . . . .	108
101. Повторяемость (%) различных сочетаний характеристик двух соседних месяцев по температуре . . . . .	109
102. Повторяемость температурных аномалий одного знака в течение нескольких месяцев подряд . . . . .	110
103. Повторяемость аномальных (по температуре) и следующих за аномальными сезонов . . . . .	111
104. Аномалии месячных сумм осадков (мм), соответствующие значениям, заданным в процентах нормы . . . . .	112

105. Повторяемость (%) различных аномалий сумм осадков . . . . .	113
106. Повторяемость (%) различных сочетаний характеристик двух соседних месяцев по осадкам . . . . .	114
107. Повторяемость аномалий месячных сумм осадков в течение нескольких месяцев подряд . . . . .	114
108. Повторяемость аномальных (по осадкам) и следующих за аномальными периодов . . . . .	116
109. Повторяемость различных сочетаний месячных аномалий сумм осадков и температуры воздуха . . . . .	116
110. Повторяемость (%) душной погоды . . . . .	119
111. Эквивалентно-эффективная и приведенная температура . . . . .	121
112. Теплопродукция и теплоотдача (Вт) тела человека при разных условиях . . . . .	123
113. Потоотделение $\mu$ и показатель теплового напряжения $M$ . . . . .	123
114. Средняя повторяемость разных классов погоды . . . . .	126
115. Характеристика классов погоды . . . . .	126
116. Сведения о температурном и ветровом режиме в наиболее теплую и наиболее холодную зимы . . . . .	129

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко В. Н. Климат больших городов. Обзор.— Обнинск, 1975.— 71 с.
2. Аронин Д. Э. Климат и архитектура.— М.: Госстройиздат, 1959.— 252 с.
3. Бартенева О. Д., Полякова Е. А., Русин Н. П. Режим естественной освещенности на территории СССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1971.— 238 с.
4. Гололед и изморозь на территории Белорусской ССР.— Л.: Гидрометеоздат, 1972.— 264 с.
5. Заварина М. В. Строительная климатология.— Л.: Гидрометеоздат, 1976.— 312 с.
6. Информационное письмо Главного управления гидрометслужбы № 20. Доклады на ВДНХ СССР «Климаты больших городов СССР».— М.: Гидрометеоздат, 1976.— 192 с.
7. Климат Гомеля/Под ред. И. А. Савиковского и Ц. А. Швер.— Л.: Гидрометеоздат, 1980.— 150 с.
8. Климат Киева/Под ред. Л. И. Сакали.— Л.: Гидрометеоздат, 1980.— 288 с.
9. Климат и город. Материалы конференции «Климат—город—человек».— М., 1974.— 152 с.
10. Климат Минска/Под ред. М. А. Гольберга.— Минск: Высшая школа, 1976.— 288 с.
11. Климат Москвы (особенности климата большого города)/Под ред. А. А. Дмитриева, Н. П. Бессонова.— Л.: Гидрометеоздат, 1969.— 324 с.
12. Кратцер П. А. Климат города.— М.: Изд-во иностр. лит., 1958.— 239 с.
13. Материалы по радиационному режиму Белоруссии. (Белорусский территориальный гидрометеоцентр).— Минск, 1977.— 38 с.
14. Основные данные по климату СССР. (ВНИИ гидрометеорологической информации).— Обнинск, 1976.— 391 с.
15. Пивоварова З. И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства.— Труды ГГО, 1973, вып. 321.— 128 с.
16. Рекомендации по описанию климата большого города. Ч. I—V, Л., (Главная геофизическая обсерватория), 1976—1979.
17. Смит К. Основы прикладной метеорологии (пер. с англ.).— Л.: Гидрометеоздат, 1978.— 424 с.

18. Справочник по климату СССР. Вып. 7. Белорусская ССР. Ч. 1—5. М.; Л.: Гидрометеонздат, 1965—1968.
19. Строительные нормы и правила.— II-А. 6-72. Строительная климатология и геофизика.— М.: Стройиздат, 1973.— 320 с.
20. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР.— Л.: Гидрометеонздат, 1976.— 302 с.
21. Chandler T. J. Urban Climatology and its Relevance to Urban Design.— Technical Note WMO № 149, Geneva, 1976.— 61 p.
22. Oke T. R. Review of Urban Climatology 1973—1976. Technical Note WMO № 169, Geneva, 1979.— 100 p.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ . . . . .	3
1. ВВЕДЕНИЕ . . . . .	5
1.1. Природные условия и особенности города . . . . .	5
1.2. Гидрологическая характеристика р. Неман у Гродно . . . . .	6
1.3. История развития метеорологических наблюдений в Гродно . . . . .	8
2. РАДИАЦИОННЫЙ И СВЕТОВОЙ РЕЖИМ . . . . .	11
2.1. Астрономические факторы . . . . .	11
2.2. Продолжительность солнечного сияния . . . . .	15
2.3. Солнечная радиация . . . . .	18
2.4. Естественная освещенность . . . . .	25
3. АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ . . . . .	27
3.1. Особенности циркуляции . . . . .	27
3.2. Атмосферное давление . . . . .	35
3.3. Ветер . . . . .	37
4. ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ . . . . .	46
4.1. Температура воздуха . . . . .	46
4.2. Температура почвы . . . . .	66
5. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ . . . . .	72
5.1. Влажность воздуха . . . . .	72
5.2. Атмосферные осадки . . . . .	77
5.3. Снежный покров . . . . .	85
6. ОБЛАЧНОСТЬ И АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ . . . . .	89
6.1. Облачность . . . . .	89
6.2. Туманы . . . . .	93
6.3. Гололедно-изморозевые явления . . . . .	96
6.4. Метели . . . . .	101
6.5. Грозы и град . . . . .	104
7. АНОМАЛИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ . . . . .	108
7.1. Температура . . . . .	108
7.2. Осадки . . . . .	112
8. КОМПЛЕКСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ БИО- КЛИМАТА . . . . .	118
9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА ГРОДНО . . . . .	124
9.1. Основные черты климата . . . . .	124
9.2. Особенности сезонов . . . . .	127
9.3. Особенности городского климата . . . . .	133

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Фенологический календарь лесной, парковой и садовой растительности в Гродно и пригородах . . . . .	135
Таблица 2. Период наблюдений, использованный в таблицах . . . . .	136
Таблица 3. Освещенность (клк) горизонтальной поверхности для разных высот солнца и облачности без снежного покрова . . . . .	137
Таблица 4. Освещенность (клк) горизонтальной поверхности для разных высот солнца и облачности при снежном покрове . . . . .	139
Таблица 5. Повторяемость (%) различных сочетаний скорости и направления ветра . . . . .	139
Таблица 6. Повторяемость (%) различных сочетаний скорости и направления ветра в разные часы суток . . . . .	141
Таблица 7. Повторяемость (%) основных форм облаков в разные часы суток . . . . .	149
УКАЗАТЕЛЬ ТАБЛИЦ . . . . .	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	155

## КЛИМАТ ГРОДНО

Редактор Н. С. Смирнова. Технический редактор Т. В. Павлова  
Корректор Л. И. Хромова  
Н/К

Сдано в набор 30.12.81. Подписано в печать 21.05.82. М-33013. Формат 60×90<sup>1/8</sup>. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 10. Кр.-отт. 10,25. Уч.-взд. л. 10,57. Тираж 630 экз. Индекс ПРЛ-40. Заказ № 6. Цена 70 коп. Гидрометеонздат, 199053, Ленинград, 2-я линия, д. 23.

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, г. Ленинград, Прачечный переулок, 6.