

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
УКРАИНСКОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ  
УКРАИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

# КЛИМАТ Киева

Под редакцией  
д-ра геогр. наук, проф. Л. И. САКАЛИ

*Дорогой  
Лие Евсеевич  
Анатолийевич  
с наилучшими  
пожеланиями  
от Киевлянок  
Владимир  
Л. И. Сакали*



Ленинград Гидрометеонздат  
1980

Монография содержит результаты многолетних исследований климата Киева. Наряду с освещением традиционных климатических характеристик, уделено большое внимание микроклиматическим различиям в условиях большого города. Приводятся результаты исследования по загрязнению воздушного бассейна города, а также рассматриваются некоторые вопросы прикладной климатологии города и влияния города на климат.

Книга рассчитана на климатологов и специалистов различных отраслей городского хозяйства, использующих информацию о климате города, а также на широкий круг читателей.

On the basis of climatic investigations climate of Kiev is described. Alongside with main climatic characteristics much attention is paid to microscale differences in urban conditions. The results of air pollution investigations are considered as well as some problems of applied climatology and urban influence on climate.

The book is ment for climatologists and specialists in urban management.

К  $\frac{20807-044}{069(02)-80}$  8-79(2) 1903040000

© Украинский научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт  
(УкрНИГМИ), 1980 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Решения XXV съезда Коммунистической партии Советского Союза по экономическим проблемам развитого социализма, нашедшие выражение в десятом пятилетнем плане развития народного хозяйства нашей страны, предусматривают новый подъем экономики и материального благосостояния трудящихся. В этих исторических документах намечена широкая программа социальных мероприятий; большое внимание уделяется охране природы и рациональному использованию природных ресурсов.

Поступательное движение советского общества к коммунизму предусматривает высокие темпы современного градостроительства, увеличение числа городов, улучшение их планировки и архитектуры. Создаваемые города должны быть красивыми и удобными для жизни людей. Ежегодно в нашей стране возникает 10—12 новых городов. Градостроительство широко использует большие возможности, которые открывает перед ним научно-технический прогресс. Быстрые темпы урбанизации непосредственно связаны с ростом социалистической промышленности, увеличением городского населения и повышением материального благосостояния трудящихся. Современное градостроительство невозможно без научно-обоснованного использования природных ресурсов вообще и климатических в частности.

Крупные города создают свой особый специфический климат, являющийся результатом воздействия хозяйственной деятельности человека на климат естественного ландшафта. Чем крупнее город, тем в большей степени проявляется его влияние на собственную погоду и климат. Специфические черты климата города во многом обусловлены отличительными особенностями его подстилающей поверхности и большим количеством выделяемой в окружающую среду рассеянной тепловой энергии.

Основными погодообразующими факторами подстилающей поверхности города являются огромные площади металлических, бетонных крыш и асфальтовых покрытий, обладающих большой тепловой инерцией. Важное значение имеют многочисленные строения города, особенно высотные, препятствующие воздухообмену и оказывающие тормозящее воздействие на ветер, спо-

сопутствующие повышению слоя шероховатости в городе и активации термодинамической турбулентности. Очевидно, что в связи с этим увеличивается и высота пограничного слоя атмосферы над городом как слоя интенсивного обмена.

Определяющую роль в формировании погодно-климатических условий города играют также специфические свойства пограничного слоя городского воздуха, для которого характерно наличие значительных концентраций различных газовых примесей, аэрозолей и пыли, существенно влияющих на радиационный режим и все его теплофизические и влажностные характеристики.

Возникающий при этом климат города заметно отличается от естественного. Температура воздуха в городе всегда выше, чем за городом, влажность понижена, ветер слабее, туманы, дожди и грозы наблюдаются чаще, сезонные и суточные контрасты температур значительно меньше, начало и конец всех сезонов сдвинуты — весна наступает на 1—2 недели раньше, а зима — на столько же позже, чем за городом и т. д. Город влияет не только на собственный погодно-климатический режим, но и во все большей мере на режим окружающей его территории, причем зона этого влияния может простираться на площадь, примерно в 50 раз превышающую площадь самого города.

Понятно, что для рационального планирования и ведения городского хозяйства все перечисленные и многие другие стороны влияния города на собственный климат необходимо тщательно изучать и учитывать. Это даст возможность не только эффективно использовать информацию о погодно-климатическом режиме в хозяйственной деятельности, но и предотвращать его вредные влияния на городской климат.

Киев — столица Украинской Советской Социалистической Республики, крупный промышленный и культурный центр страны (рис. 1). На 1977 г. население Киева составляло 2 млн. 100 тыс. человек (это третий по числу жителей город СССР после Москвы и Ленинграда). Город занимает площадь более 800 км<sup>2</sup>. Климатические особенности города формируются под влиянием сложных физико-географических условий, связанных с холмистым рельефом, большим разнообразием растительного покрова и близостью такой крупной водной артерии, как Днепр, с его притоками и водохранилищами. На эти естественные условия накладываются антропогенные факторы, связанные с жизнью большого города, особенностями его застройки и планировки, характером промышленных и жилых массивов, их размещением по территории.

Влияние большого города на окружающую среду, как уже указывалось, проявляется в двух основных направлениях — в ее загрязнении (особенно это касается воздуха) и выделении дополнительного промышленного и бытового тепла. Эти два проявления жизни современного города тесно связаны между собой. Источники загрязнения атмосферы обычно являются и

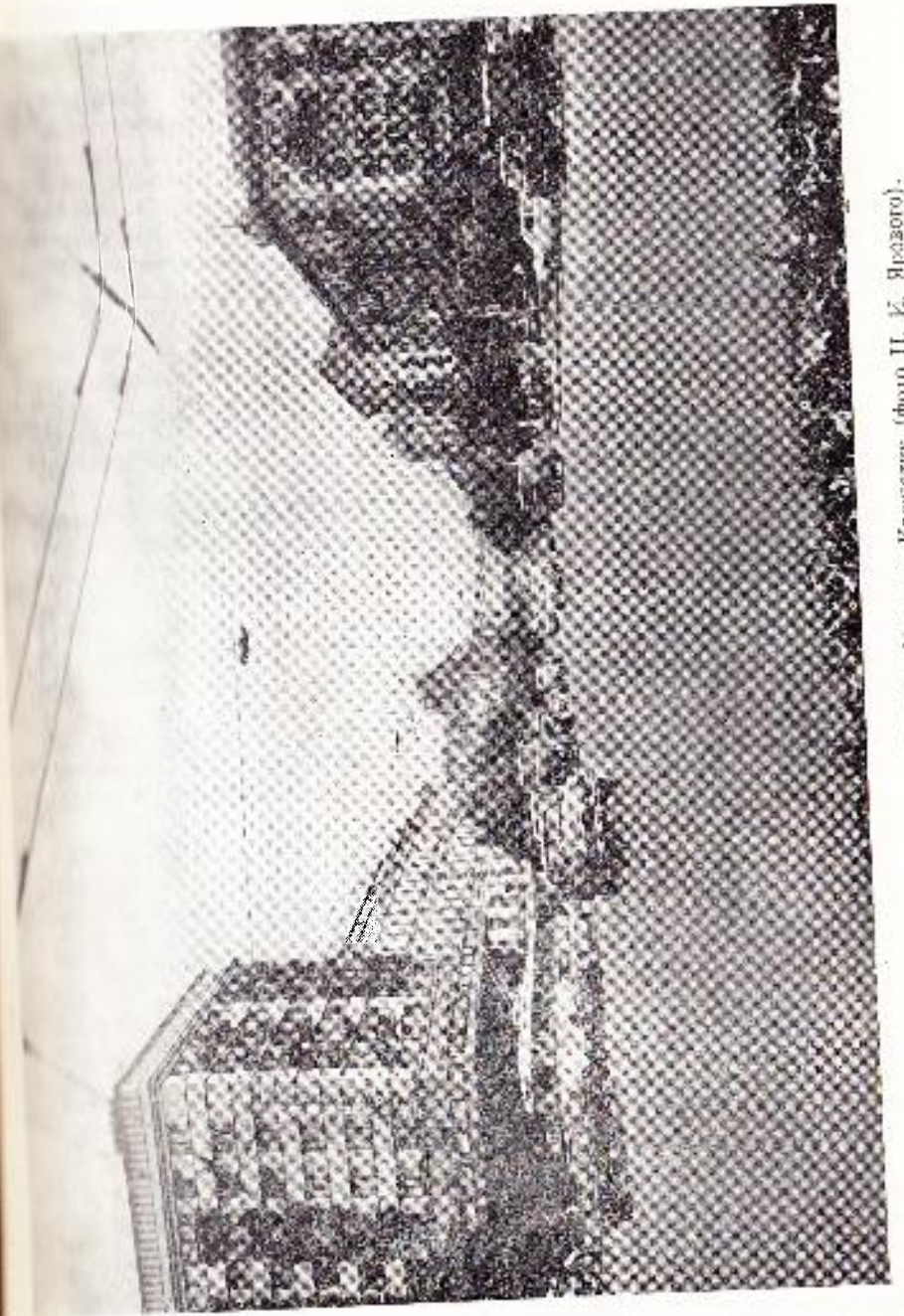


Рис. 1. Киев. Центральная улица столицы Украины. Краешатки (фото П. Е. Яковлюк).

источниками энергии. Различного рода примеси, попадающие в атмосферу, существенно влияют на ее физическое состояние, на формирование погоды и климата.

Авторский коллектив ставил перед собой задачу подготовить на современном научном уровне широко доступную монографию по климату Киева, которая была бы полезна при гидрометеорологическом обслуживании различных отраслей городского хозяйства. В связи с этим в книге нашли отражение многие вопросы прикладной климатологии, связанные с работами различных отраслей городского хозяйства. Поэтому книга носит справочный характер; она снабжена большим табличным и иллюстративным материалами.

В основу исследований были положены современные представления о крупном городе, как об «острове тепла», характеризующимся повышенной шероховатостью и высокой концентрацией источников тепла и загрязнения атмосферы. Это обуславливает создание над городом «шапки» теплого загрязненного воздуха с повышенной турбулентностью.

Создать современную научную монографию, посвященную климату современного города, доступную для широкого круга читателей, учитывающую разнообразные требования городского хозяйства, — задача трудная. Сложность ее заключается не только в самой форме представления материала, но (и это главное) в том, что основные вопросы теплового баланса и турбулентной диффузии в пограничном слое атмосферы применительно к городу разработаны еще недостаточно.

В настоящей книге сделана попытка сосредоточить внимание читателей на основных проблемах прикладной климатологии города. Ограниченный объем книги не позволил этого сделать достаточно полно.

При подготовке издания использована климатическая информация, метеорологические данные за отдельные годы, результаты работы временной сети метеорологических станций, наблюдения микроклиматических маршрутных и площадных съемок, а также литературные источники. Обработка материала и форма его представления производились по макету — описание климата больших городов, разработанному в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова при участии Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Характеристика загрязнения воздушного бассейна составлена по данным наблюдений восьми стационарных пунктов Украинского УГКС, расположенных на территории города.

В работе над книгой принимал участие большой коллектив исполнителей, сотрудников Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института и Украинской гидрометеорологической обсерватории. В подготовке отдельных глав участвовали также сотрудники Киевского государственного университета им. Т. Г. Шевченко, Киевского медицинского инсти-

тута им. А. А. Богомольца, Киевского института общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Морзеева, Главного научно-исследовательского вычислительного центра Госплана УССР.

Предисловие и пп. 1.1, 8.5, 10.3 подготовлены Л. И. Сакали; п. 1.2 — М. И. Щербань; пп. 1.3, 6.2.6 — В. Н. Бабиченко; п. 1.4 — М. М. Айзенберг, М. И. Щербань; разд. 2 — Л. И. Сакали, Л. М. Богданова, Л. З. Прох; п. 3.1 — Л. З. Прох; п. 3.2 — О. В. Полхова, Л. З. Прох, Д. Н. Ткаченко; п. 4.1 — В. Н. Бабиченко, Л. М. Гущина, С. Ф. Рудышина; п. 4.2 — В. М. Пищолка; п. 4.3, 5.2 — Л. Н. Сакали; п. 5.3 — И. М. Щербань; п. 5.4 — З. С. Бондаренко; п. 6.1 — Л. Н. Сакали, В. В. Белецкая, Л. А. Гейко; п. 6.2.1 — И. И. Трусов, Л. З. Прох; пп. 6.2.2, 6.2.3 — Л. С. Рыбченко; п. 6.2.3 — З. С. Бондаренко, А. М. Коршук; п. 6.2.4 — В. А. Дячук; п. 6.2.5 — В. А. Дячук, И. И. Трусов; п. 6.2.7 — В. Н. Бабиченко, Л. М. Гущина; разд. 7 — В. Н. Бабиченко, С. Ф. Рудышина, Л. М. Гущина; п. 8.1 — Л. М. Богданова; пп. 8.2—8.4 — А. В. Шахнович, М. П. Ткаченко; п. 9.1 — А. В. Ткаченко, Ф. В. Коршенко, Д. Н. Ткаченко, Л. В. Волеваха, М. В. Кислова, А. В. Пугач; п. 10.1 — М. М. Ворончук; пп. 10.2, 10.5 — А. П. Семенова; п. 10.4 — И. И. Никорчук; разд. 11 — К. Т. Логвинов, М. Б. Барабаш, Е. И. Тарасова. Работы по контролю исходных материалов, обработке полученных данных, а также по оформлению табличных и графических материалов выполняли в УкрНИГМИ Т. П. Дедова, Т. В. Поддубная, О. М. Юкаева, Л. С. Лазукевич; в Украинской геофизической обсерватории Т. Н. Короткая, Н. Б. Приходько, Н. Л. Десяткова, П. П. Дударенко, А. С. Душейко, Н. В. Кашка, Е. Ф. Лупина и Т. Г. Вишневская. Большую помощь при подготовке рукописи в печати оказали З. С. Бондаренко, А. В. Пугач, Т. А. Лебедева и А. Г. Луговская.

Научное руководство осуществлено д-ром геогр. наук Л. И. Сакали и канд. геогр. наук В. Н. Бабиченко.

Научная экспертиза и рецензирование проведены в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова ст. науч. сотрудником Ц. А. Швер и ст. инженером Г. И. Прилипко.

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. Особенности развития города

Киев расположен в центре Украины, на Днепре — главной водной артерии республики, в узле железнодорожных, автомобильных магистралей и воздушных трасс, идущих от Москвы к западным границам СССР, а также на путях, связывающих западные и северные районы УССР с Донбассом и Черноморьем. Это оказало большое влияние на экономическое развитие города.

За годы Советской власти Киев превратился в крупнейший индустриальный центр с разнообразной промышленностью. Значительно возросла энерговооруженность городского хозяйства. Построено много новых предприятий, освоено производство новых изделий (вычислительные машины, точные электроприборы, мотоциклы, радиоаппаратура и т. д.), создана химическая промышленность. Значительное развитие получила промышленность стройматериалов, медицинская и др.

Современный Киев занимает огромную территорию — его площадь превышает 800 км<sup>2</sup>. Большое жилищное строительство началось в послевоенные годы.

По сравнению с довоенным временем жилищный фонд города вырос в четыре раза. Только за последние пять лет в Киеве созданы три новых района: Днепровский, Ленинградский, Млинский. Большой размах экономического развития и жилищного строительства определил значительный территориальный рост города, возникновение новых жилых массивов и микрорайонов (Березняки, Русановский, Лесной, Милское Шоссе, Оболонь, Виноградарь и др.). Много внимания уделяется также и реконструкции старых районов Киева. В настоящее время в Киеве 12 городских районов.

Следует заметить, что в агломерацию Киева входит несколько городов (Борисполь, Боярка, Бровары, Вышгород, Васильков, Ирпень, Фастов) и ряд поселков в радиусе 60—80 км.

Киев — один из наиболее зеленых городов мира. В черте города находятся такие лесопарки, как Святошинский, Пуще-Водицкий, Коча-Заспа, Голосеевский, а также городские парки, занимающие большую территорию — Центральный, Пушкинский, им. Т. Г. Шевченко, Ботанический сад им. А. В. Фомина и Ботанический сад АН УССР. На Трухановом острове и приле-

жавший к нему днепровской пойме создан Гидропарк. Зеленые насаждения занимают около 60% территории города. В городе много парков, садов и скверов, 35 бульваров общей площадью 100 га. На каждого жителя в центре города приходится 20 м<sup>2</sup> зеленых насаждений. Для сравнения заметим, что, например, в Париже этот показатель равен 5,6 м<sup>2</sup>, а в Токио — всего 1 м<sup>2</sup>.

Киев окружен лесами. Ширина зеленого пояса достигает нескольких десятков километров. Наиболее крупными лесничествами являются Голосеевское, Пуще-Водицкое, Берковецкое, Святошинское, Котовское, Боярское, Дарницкое, Броварское и Ирпенское. Эти лесные массивы красиво вклиниваются в город. К зеленому поясу относятся также поймы рек Днепра и Десны, преобразованные в лугопарки (Наталка, Оболонь, Черторой и Фудон остров).

Перспективным планом развития Киева на 1989—2000 гг. предусматривается использование полицентрической системы застройки города. Предполагается «движение» города вдоль реки, развитие застройки днепровской поймы. Днепр станет не только функциональным и структурным элементом новой городской застройки, но и главной ее композиционной осью. Строительство новых районов города предполагается как на правом, так и на левом берегу Днепра. Сохранятся высокие темпы жилищного строительства. В 1981 г. общее количество жилой площади в Киеве составит 24 млн. м<sup>2</sup>.

Важное развитие получит новый жилой район Оболонь. На очереди строительство на левобережье таких крупных жилых массивов, как Выгуровщина-Троещина, Левобережный, Новинки, Осокорки.

Увеличится площадь, занятая зелеными насаждениями. Уже ведется создание новых больших парков (Октябрьский, Партизанской славы, Победы, Интернациональный и др.). Площадь, занятая зелеными насаждениями, в расчете на одного жителя возрастет до 33 м<sup>2</sup>.

## 1.2. История развития метеорологических наблюдений

Атмосферные явления с давних пор привлекали внимание человека. Древние письменные источники содержат ряд описаний необычайных для того времени атмосферных явлений — «знаменья», один из которых причиняли людям бедствия (например, засуха), другие поражали человека своим величием и красотой (например, полярное сияние). Отдельные сведения о климате можно найти и в летописях, и в дневниках и описаниях путешественников.

Все имеющиеся исторические сведения о климате Киева можно разделить на две части: 1) сведения, основанные на описаниях летописцев и путешественников, содержащие качественную характеристику отдельных метеорологических явлений; 2) сведения о климате, основанные на материалах инструментальных наблюдений, проводимых в городе, и содержащие количественные характеристики отдельных элементов.

Достаточно полный обзор сведений о климате Украины и оценка их достоверности выполнены И. Е. Бучинским.

Инструментальные метеорологические наблюдения на территории России были начаты в XVIII в. Первые наблюдения в Киеве были выполнены в 1770—1771 гг. военным врачом Иоганном Лерхе.

Регулярные метеорологические наблюдения велись с 1812 г. преподавателем гимназии Максимом Берлинским. Они представляют большую ценность. Академик К. С. Веселовский использовал материалы наблюдений М. Берлинского при работе над книгой «О климате России», опубликованной в 1857 г.

В период 1836—1844 гг. метеорологические наблюдения в Киеве производил доктор П. П. Пелехин. Профессор физики Киевской духовной академии В. Чехович производил метеорологические наблюдения в районе Подола в 1842—1845, 1847 и 1851—1857 гг. Материалы наблюдений В. Чеховича дают некоторые сведения о направлении ветра, числе дней с дождем и влажности воздуха. Они регулярно помещались в киевских «Губернских ведомостях».

В 1850 г. Д. П. Журавский составил первое описание климата Киева и его окрестностей, которое почти полностью было включено Н. Закревским в его «Описание Киева», изданное в 1863 г.

В 1854—1855 гг. Кобызовым, а в 1858—1862 гг. Базинером производились наблюдения над температурой воздуха, количеством осадков и направлением ветра в Голосеево.

В 1849 г. в Петербурге был создан руководящий и методический центр сети метеорологических станций — Главная физическая обсерватория (ГФО). По типу ГФО в мае 1855 г. в Киеве при университете была создана метеорологическая обсерватория. История Киевской метеорологической обсерватории связана с деятельностью известных ученых нашей страны М. П. Авенариуса, П. И. Броунова, И. И. Косоногова, Б. И. Срезневского и др. Важную роль в развитии Киевской метеорологической обсерватории сыграл К. Н. Жук, посвятивший всю свою жизнь изучению климатических условий Киева и его окрестностей. Эту же тему разрабатывал и другой видный русский метеоролог — А. В. Клоссовский, который в 1898 г. опубликовал работу «Климат Киева», где были приведены подробные климатические таблицы основных метеорологических элементов. Эта книга получила высокую оценку А. И. Воейкова. В своей рецензии он писал: «Труд профессора Клоссовского дает в высшей степени

многие сведения о климате «матери городов русских» ... не удовлетворившим трудам подобного рода и остается пожелать, чтобы в другие места России, где сделаны продолжительные и вполне надежные наблюдения, поскорее дождалась таких трудов ...».

В период 1891—1895 гг., когда во главе Киевской метеорологической обсерватории стоял П. И. Броунов, характеризуется значительными работами по организации новых метеорологических станций и проведению наблюдений в области сельскохозяйственной метеорологии. В это время метеорологическая обсерватория становится руководящим центром созданной П. И. Броуновым (1892 г.) Приднепровской сети метеорологических станций. Метеорологическая обсерватория осуществляла регулярное издание трудов этой сети, а также и обмен изданиями с другими обсерваториями, как русскими, так и зарубежными.

Первые актинометрические наблюдения над прямой солнечной радиацией в Киеве относятся к периоду 1888—1895 гг. Они проводились Р. Н. Савельевым. Им была организована непрерывная регистрация солнечной радиации и получены интересные сведения о прозрачности атмосферы в Киеве.

В апреле 1900 г. в Киеве начинает работать метеорологическая обсерватория при Политехническом институте под руководством К. Н. Жука.

Таким образом, до Великой Октябрьской социалистической революции метеорологические наблюдения в Киеве велись в двух метеорологических обсерваториях — при университете и политехническом институте. Они продолжали свою работу и после революции.

В 1919 г. директором Киевской метеорологической обсерватории становится Б. И. Срезневский — выдающийся советский метеоролог. В 1921 г. специальным декретом СНК УССР на Украине была создана метеорологическая служба (Укрмет). Образование Укрмета способствовало упорядочению и планомерному развитию всех метеорологических наблюдений и исследований на территории УССР. За годы советской власти в Киеве и его окрестностях были открыты новые метеостанции: Батыева гора, Пуша Водица, Святошино, Ботанический сад, склон Днепра («Аскольдова могила»), Багринова гора, АМСГ (Жуляны), АМСГ УССР.

В 1923 г. Киевская краевая сельскохозяйственная опытная станция организовала метеостанцию на Батыевой горе, где велась стандартные метеорологические наблюдения, а летом 1923 г. выполнялись актинометрические наблюдения.

В 1927 г. Академия наук УССР создает специальную курортную комиссию, в обязанности которой входило и изучение климата окрестностей Киева. Результатом работы этой комиссии является организация новых метеостанций в пригородной зоне Киева, в том числе в Пуше-Водице.

В 1926 г. Укрмет организовал Центральную метеорологическую обсерваторию в с. Тимки Черниговской области. В 1930 г. она была переведена в Борисполь (40 км на юго-восток от Киева). В этой обсерватории проводились исследования по атмосферному электричеству, атмосферной оптике и актинометрии, а также была проделана большая работа по полной обработке материалов наблюдений над ливнями, температурой почвы, гололедом и туманами.

В 1937 г. ученик Б. И. Срезневского И. К. Половко, обработав большой ряд наблюдений, издал климатические данные по городу [81]. В этой работе представлены в наиболее полном виде климатические данные по Киеву за период до Великой Отечественной войны. В 1945 г. была восстановлена авиаметеорологическая станция (АМСГ) в Жулянах. Здесь, помимо метеорологических наблюдений, производилось определение скорости и направления ветра в высоких слоях атмосферы с помощью шаров-пилотов.

В 1945 г. в Киеве в здании метеорологической обсерватории была организована Геофизическая обсерватория, в которой проводились регулярные актинометрические наблюдения и измерения элементов атмосферного электричества.

В настоящее время на территории города и в его пригородах работают семь метеорологических станций, имеющих различный период наблюдений. Наиболее длительное время — свыше 120 лет — работает метеостанция Киев, обсерватория. Тридцать и более лет наблюдений имеют станции Батыева гора, Пуща-Водица и Багринова гора.

За годы Советской власти был выполнен ряд научных исследований, характеризующих гидрометеорологический режим Киева. Среди них работы М. И. Щербаня [116], Л. З. Проха [86, 88] и др.

### 1.3. Использованный материал и методика его обработки

Климатическая характеристика метеорологических элементов города представлена в книге данными метеостанции Киев, обсерватория. Используются также материалы наблюдений других метеорологических станций (Немешаево, Ворзель, санаторий, Пуща-Водица, политехнический институт, Батыева гора, АМСГ, Багринова гора, Ботанический сад, Барышевка, Чабаны), расположенных в разных районах города и его окрестностях. С целью изучения влияния города на климат проводилось сравнение данных метеостанции Киев, обсерватория с данными метеостанции Борисполь, находящейся в 40 км на юго-восток от Киева и не подверженной воздействию городских условий.

Для большинства метеозлементов приведены средние и крайние (наибольшие и наименьшие) их значения за весь период

наблюдений, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

Для основных метеорологических элементов (температура и влажность воздуха, осадки, ветер) период наблюдений составляет 80—90 лет (1881—1975 гг.), для атмосферных явлений 30—40 лет (1936—1975 гг.).

В большинстве случаев средние величины получены путем непосредственного подсчета данных первичных измерений без приведения их к многолетнему периоду, в связи с чем они могут несколько отличаться от данных Справочника по климату СССР [102]. Могут также не совпадать и экстремальные значения, по которым ряды продлены до 1975 г. Средние значения метеозлементов широко используются для характеристики режима каждого из элементов, однако они не описывают их изменчивость. В отдельные годы крайние значения достигают критических величин, при которых наносится ущерб многим отраслям народного хозяйства, в том числе и городскому. Поэтому в разделе о границах колебания рассматриваемых элементов приводятся данные о крайних их значениях или датах наступления явлений, сезонов и т. д.

Если равные величины наибольших (максимальных) или наименьших (минимальных) значений отдельных метеозлементов (температуры, осадков и др.) были отмечены в нескольких годах, в таблицах указывается лишь один год, ближайший по времени к моменту подготовки данной книги.

Иногда годовая сумма может не совпадать с суммой за отдельные месяцы, так как эти суммы рассчитаны по различным статистическим совокупностям. Годовые суммы наибольших значений за отдельные месяцы всегда превышают соответствующие им величины за год. Это объясняется тем, что данные для отдельных месяцев выбирались за разные годы.

Изменчивость метеорологических элементов характеризуется значениями среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) и коэффициента изменчивости (вариации  $C_v$ ). Она может служить критерием для оценки возможных погрешностей при определении средней величины. Чем больше изменчивость элемента, тем большее число лет наблюдений необходимо использовать для получения его средней с заданной точностью. При нормальном законе распределения метеозлементов их изменчивость можно представить с помощью средней величины и среднего квадратического отклонения. Так, в интервале  $\bar{x} \pm 3\sigma$  укладывается 99% всех встречающихся значений элемента. Вычитая или прибавляя в крайней угрозное значение среднего квадратического отклонения, можно получить его минимум или максимум. В интервале  $\bar{x} \pm \sigma$  находится 68%, а в интервале  $\bar{x} \pm 2\sigma$  — 95% всех значений данного элемента. В последнем случае условия можно считать типичными для данной местности.

По большинству метеозлементов приведены интегральные кривые и графики (изоплеты и номограммы) для расчета из значений различной вероятности. С помощью интегральной кривой можно получить значения метеозлемента любой вероятности. Для некоторых элементов их вероятностные значения представлены в таблицах. Как правило, они даны 5, 10, 20, ..., 95%-ной вероятности (обеспеченности) и соответствуют величинам, превышаемым приведенное значение один раз в 20, 10, 5 лет и почти ежегодно.

Актинометрическая характеристика города выполнена по данным многолетних наблюдений метеостанций Борисполь и Киев, Багринова гора за период 1953—1963 гг., опубликованным в [102]. Сравнительная характеристика данных метеостанций Борисполь и Киев получена за период 1961—1975 гг. Используются также результаты экспериментальных актинометрических наблюдений.

В работе широко использовались материалы специальных микроклиматических наблюдений, а также материалы временной метеорологической сети (ВМС), состоявшей из девяти постов.

Характеристика загрязнения воздушного бассейна города получена в результате статистической обработки материалов наблюдений восьми стационарных пунктов Украинского УГКС за 1974—1977 гг.

Более подробно использованный материал и методика исследований описаны в соответствующих разделах книги.

#### 1.4. Физико-географические особенности города и его окрестностей

Киев расположен в центре Украины на Днестре, высота над уровнем моря 167 м. Некоторые участки территории города поднимаются или опускаются на 100—180 м. Географическое положение Киева не только повлияло на его развитие как экономического, политического и административного центра, но сказало также и на формировании его климатических условий и микроклиматических особенностей отдельных районов.

В пределах Киева и его окрестностей прослеживается влияние трех орографических областей — Приднепровской возвышенности, Полесской и Приднепровской низменностей.

Днепр — одна из крупнейших рек Европейской части СССР. До строительства гидроэлектростанций и создания днепровских водохранилищ, вызвавших зарегулирование реки, именно в районе Киева после принятия вод Десны рождался могучий Днепр. В настоящее время Днепр в среднем и нижнем течении превращен в систему водохранилищ, что резко уменьшило опасность затопления его поймы. Это также способствовало

тому, что Днепр и его притоки стали основными водными путями Украины и Белоруссии.

Формирование рельефа территории города и его окрестностей, всего комплекса природных условий происходило под значительным воздействием Днепра — его гидрологического и термического режимов. Днепр разделяет территорию города и окрестностей на правобережную и левобережную части. Долина Днепра относится к асимметричным, ее правый склон круто обрывается в реку, образуя местами оползневые террасы, которые расщеплены опрагами глубиной 80—100 м.

Правобережье в районе Киева охватывает междуречье Днепр — Ирпень, которое представляет собой низменную слабохолмистую равнину с абсолютными отметками от 160 до 200 м, имеющую общий наклон к западу. В пределах города наибольшим правым притоком Днепра является р. Лыбедь, берега которой в значительной мере спрямлены и укреплены. Река эта практически не замерзает из-за сброса в нее промышленными предприятиями сточных вод.

На высоких водоразделах средней части Киевского плато, выходящих отрогами Приднепровской возвышенности, расположен исторический центр города и несколько новых жилищных массивов (Первомайский, Никольская Борщаговка).

Центральная часть Киева имеет четко выраженные естественные границы: на востоке и северо-востоке — это Днепр с высокими обрывистыми берегами, на юге и юго-западе — р. Лыбедь, а на севере — балки и ручей Сырец.

Взаимодействие разнообразных деятельных поверхностей и слоев — многоэтажных зданий из камня, металла и стекла, асфальтированных площадей и улиц, скверов, парков и бульваров (рис. 2), водных пространств (Киевское водохранилище, Днепр) — приводит к тому, что подстилающая поверхность в Киеве отличается чрезвычайным разнообразием свойств, что обеспечивает высокие контрасты в распределении радиационных и термических показателей.

Территория Киева является примером преобразованного (антропогенного) ландшафта, сформированного вследствие застройки природных лесных участков и бывших приусадебных территорий многоэтажными зданиями, сноса одноэтажных домов с последующей постройкой многоэтажных. При этом в пределах города формируется сложный деятельный слой, в котором можно выделить три уровня поверхностей: 1) уровень улиц и площадей, поверхности скверов и водоемов; 2) уровень верхних кромок крон деревьев и крыш 3—4-этажных зданий, составляющих большую часть сооружений старой застройки; 3) уровень крыш 9—12-этажных зданий, преобладающих в настоящее время в застроенных микрорайонах.

Рассматривая город Киев как деятельный слой, нельзя не учитывать роли отдельных крупных промышленных комплексов



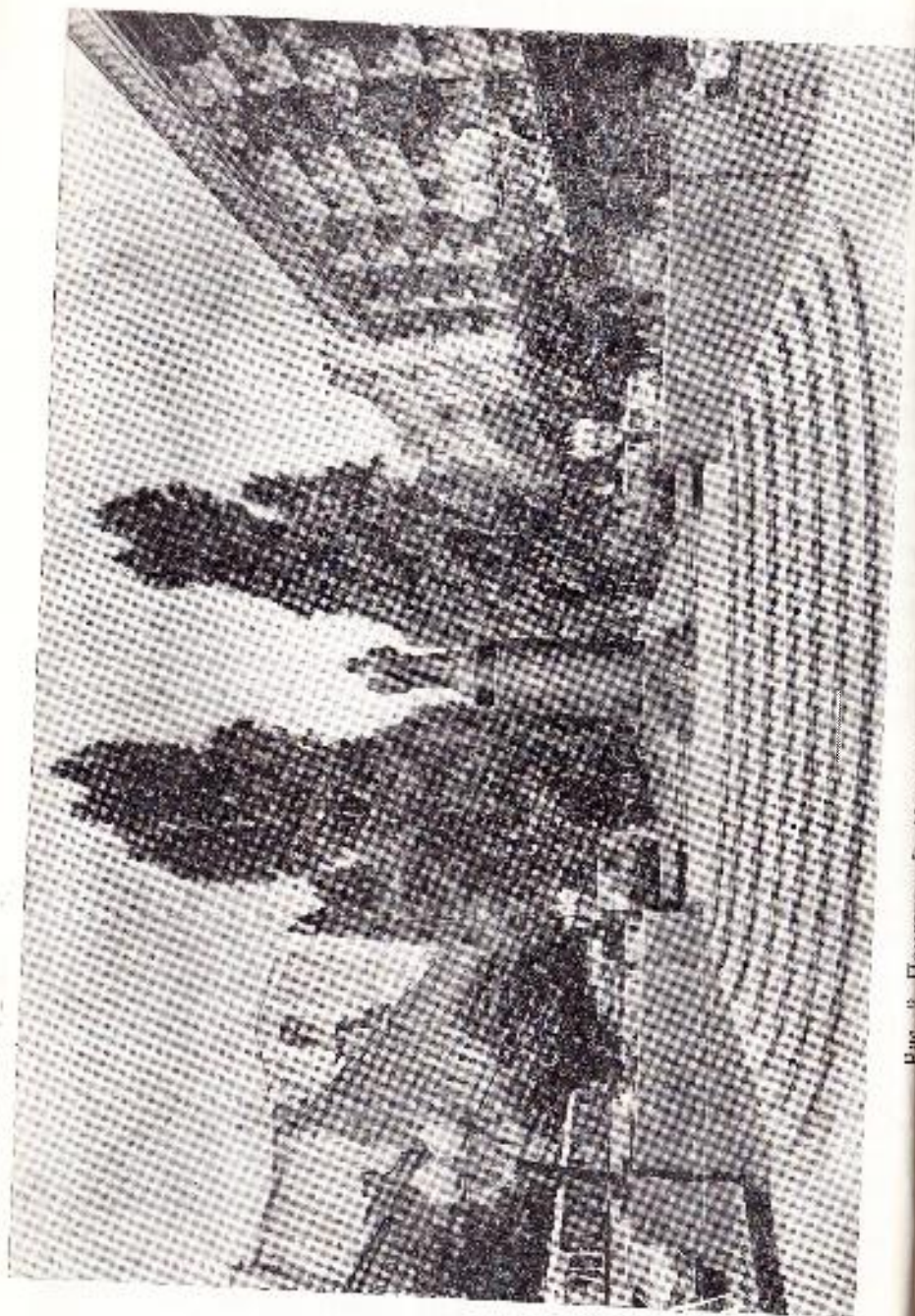


Рис. 5. Планировка г. г. Киев

транспортных магистралей, которые являются источниками шума, газа, пыли и дополнительных запасов тепла.

Кроме названных горизонтальных поверхностей, для Киева характерны также склоны различной экспозиции и крутизны, а также и вертикальные поверхности — стены зданий различной структуры (использование в разных соотношениях камня, металла и стекла).

Сооружение зданий различной высоты на склонах возвышенностей способствует усилению динамического воздействия городской территории на воздушные потоки. Каждое здание на возвышенности становится ее продолжением, жесткой преградой.

В летние дни над застроенными участками Киева, вследствие интенсивного прогрева городского деятельного слоя и его открытых поверхностей, формируются мощные восходящие потоки, которые также могут играть роль дополнительной преграды для горизонтальных перемещений воздуха, поступающего в пределы города.

Гидрография района Киева и ее изменения в результате деятельности человека. На климат Киева и окружающей территории определенное влияние оказывает гидрографическая сеть и метеорологический режим водных объектов. Как известно, на территории выше и ниже Киева расположены Киевское (севернее Киева) и Каневское (юго-восточнее Киева) водохранилища. Из всей гидрографической сети, находящейся в районе Киева, именно эти водоемы оказывают наибольшее влияние на его климат.

Киевское водохранилище образовано плотиной Киевской ГЭС. Его заполнение происходило в 1964—1966 гг. Оно собирает воду с площади 239 тыс. км<sup>2</sup>. Отметка нормального подпорного горизонта (НПГ) 103,0 м. Площадь водного зеркала при НПГ 922 км<sup>2</sup>, длина по оси 110 км, средняя ширина 8,4 км, максимальная 12,0 км, наибольшая глубина при НПГ 14,5 м, средняя 4,0 м, полный объем водохранилища при НПГ 3,73 км<sup>3</sup>.

Каневское водохранилище образовано в 1972 г. плотиной Каневской ГЭС. Его водосборная площадь составляет 336 тыс. км<sup>2</sup>, что почти на 100 тыс. км<sup>2</sup> превышает водосборную площадь Киевского водохранилища. Отметка НПГ на 11,5 м ниже аналогичной отметки Киевского водохранилища и составляет 91,5 м. Площадь водного зеркала при НПГ 675 км<sup>2</sup>, что составляет около 75% площади зеркала Киевского водохранилища, длина по оси 123 км, максимальная ширина 8,0 км (две трети максимальной ширины Киевского водохранилища), средняя ширина 5,5 км, наибольшая глубина при НПГ 21,0 м, средняя 3,9 м, полный объем 2,62 км<sup>3</sup>.

Исходя из характера уровня режима, от которого зависит площадь водного зеркала, влияющего в свою очередь на климат города, на Киевском водохранилище выделяют зону переменного подпора (от с. Днепропольского до с. Страховское) и зону малых

уклонов (от с. Страховсье до плотины Киевской ГЭС). Граница между зонами в основном выражена во время зимней сработки и весеннего наполнения.

Годовой ход уровня независимо от водности отдельных лет характеризуется весенним наполнением, мало изменяющимися отметками уровня летом и осенью, зимней сработкой. Весной водохранилище наполняется до отметки НПГ. Период наполнения совпадает с весенним половодьем на Днестре и его притоках.

На климат Киева определенное влияние оказывает зона малых уклонов Киевского водохранилища и зона переменного подпора Каневского водохранилища. Для оценки влияния Киевского водохранилища на метеорологический режим прибрежных районов в июле — августе 1971 г. были проведены экспедиционные наблюдения (табл. 1), показавшие, что влияние водохрани-

Таблица 1

Изменение средней дневной температуры и относительной влажности воздуха при различных направлениях ветра в июле—августе 1971 г. (по Н. М. Волевахе)

Пункт наблюдения	Направление ветра				
	В		З	С	Ю
	28—29 VII	5 VIII	16 VIII	18—19 VIII	22 VIII
	Температура воздуха (°C)				
Остер	24,2	25,5	23,8	25,6	25,2
Чернобыль	—	26,7	22,5	19,3	25,8
Страховсье	—	26,0	23,9	20,4	25,4
Глебовка, урез воды	23,5	26,2	25,4	20,7	24,8
Киев, ГЭС	23,5	26,0	24,7	19,4	25,9
Тетерев	25,3	27,0	23,6	29,0	25,3
	Относительная влажность воздуха (%)				
Остер	60	65	61	56	52
Чернобыль	—	60	65	55	45
Страховсье	—	73	63	68	66
Глебовка, урез воды	70	71	73	75	73
Киев, ГЭС	65	55	57	58	45
Тетерев	51	47	62	52	45

лища наиболее резко проявляется в отдельные дни малооблачной, ясной погоды и существенно зависит от направления ветра.

Микроклиматический эффект влияния водоема хорошо прослеживается при северном ветре, дующем с водной поверхности на сушу. Температура воздуха на экспедиционных пунктах Страховсье и Глебовка, а также на метеостанции Киев, ГЭС была заметно ниже (на 5°C и более), чем на метеостанциях Остер и Тетерев, находящихся от водохранилища на расстоянии около 20 км и не подверженных его влиянию. Относительная влаж-

во воздуха в пунктах, расположенных вблизи водоемов, все время оставалась несколько более высокой, хотя микроклиматические различия в значениях относительной влажности выражены значительно слабее, чем в значениях температуры воз-

духа. Влияние водохранилищ на метеорологический режим прибрежной зоны в теплое время года проявляется в понижении температуры воздуха, в некотором увеличении его влажности и скорости ветра. В холодное полугодие водоемы до замерзания все же влияют на климат побережья.

Наиболее низко расположенная часть территории Киева, непосредственно примыкающая к Днестру, — Подол — раньше часто подвергалась затоплению. Сооружение плотины Киевской ГЭС и создание Киевского водохранилища намного уменьшило возможность затопления Подола и районов с плоским рельефом, примыкающих к Днестру. Однако полностью проблема наводнений для этих районов не решена. Об этом свидетельствуют характер и высота весеннего половодья 1970 г., когда максимальный расход воды составил 18 500 м³/с.

На температуру и влажность воздуха прибрежных районов в первую очередь влияет термический режим водоемов. Переход температуры поверхностного слоя воды через 0,2°C весной на Киевском и Каневском водохранилищах в среднем происходит в третьей декаде марта. Более ранние сроки перехода температуры через указанное значение отмечены в конце февраля — первой декаде марта; поздние даты — в конце марта — первой декаде апреля. Переход температуры воды через 0,2°C часто происходит раньше вскрытия водохранилищ и во многих случаях раньше перехода температуры воздуха через 0°C. В период вскрытия свободные ото льда участки прогреваются и к моменту полного очищения водной поверхности температура воды довольно быстро повышается — в среднем на 1—1,5°C. Наибольшей плотности весной вода достигает в среднем в первой декаде апреля. Ранний переход температуры воды через 4°C относится к концу марта, а поздний — ко второй половине апреля.

Максимальная температура поверхностного слоя воды наблюдается в июле — августе. С августа вода начинает постепенно охлаждаться, а так как мелководные участки охлаждаются быстрее глубоководных, то температура воды по акватории водоемов выравнивается. Переход температуры воды через 10°C осенью наблюдается в среднем во второй половине октября. Более ранние даты отмечены в первой — второй декадах октября, более поздние — в первой — второй декадах ноября. Переход температуры воды через 4°C осенью наступает в первой — второй декадах ноября. Ранний переход температуры воды через 4°C осенью на Киевском водохранилище отмечен в конце ок-

ноября, поздний переход — в конце ноября — первой половине декабря.

Между датой перехода температуры воды через 4°C осенью и датой появления ледяных образований проходит от 2 до 10 дней. В зависимости от погодных условий период охлаждения водной массы на глубоководных участках может увеличиваться до 30—55 дней.

Следует отметить, что волнение как элемент гидрологического режима оказывает определенное влияние на микроклимат окружающей территории, а само волнение в свою очередь зависит от ветрового режима.

На климат некоторых районов Киева, его окрестностей и пригородов, расположенных на левом берегу Днепра, влияют также Десна, являющаяся наибольшим по длине и вторым по величине площади водосбора притоком Днепра.

**Местоположение Киева, расположенного в местах сочленения Полесской задровой равнины, киевского лёссового плато и левобережной террасовой низменности, обусловило разнообразие его рельефа в различных частях города. Киев и его окрестности расчленены глубокой долиной Днепра, долинами его притоков балками и оврагами. Амплитуда относительных высот достигает 106 м. В откосах старых карьеров развиваются оползни обвалы, оплывины и т. д.**

В Киеве широко развит процесс оврагообразования. Только на территории города к настоящему времени насчитывается около 50 оврагов. Наиболее часто овраги встречаются в долине Днепра и Лыбеди, где длина их превышает 2,5 км, глубина 50 м, а ширина по верху 1,2 км. Основными оврагами и балками являются Сырецкая балка, Бабий Яр, Репьяхов Яр, Глубочицкая, Наводницкая, Мышеловская, Совская балка, Мокрый Яр и др.

В черте города имеется много засыпанных и спланированных понижений (Крещатик, Кловский овраг, верховья одного из оврагов системы Репьяхова Яра, Наводницкая балка и др.). Нескольким оврагам заполнено намывными грунтами (Китаевский, Кругляковский, Бабий Яр).

Киев относится к числу городов, где очень развиты оползни, главным образом вдоль правых берегов Днепра и Лыбеди, а также на склонах многочисленных балок и оврагов. Основными направлениями противооползневой мелиорации являются отвод с оползневых склонов подземных вод, вертикальная планировка склонов, их одернование и облессение, регулирование поверхностного стока. Нередко развитию оползней способствуют антропогенные факторы.

В Киеве речная эрозия развита вдоль Днепра и его притоков — рек Лыбеди, Нивки, ручья Сырец и других, а также в овражных водотоках и характеризуется размывом берегов и дна, разрушением береговых уступов и образованием вымоин. Наибольшего развития речная эрозия достигает во время весеннего

тавления и дождевых паводков. Ослабление речной эрозии связано с укреплением берегов рек, строительством струенарправительных дамб. Берегоукрепительные работы проведены на Лыбеди и других реках. Полное прекращение речной эрозии происходит при канализовании и засылке русел и ручьев (Кловский, Стоморох, Глубочицкий и др.).

В настоящее время на большей части территории города приращены почвообразовательные процессы полностью прекратились. Это вызвано тем, что при застройке Киева почвенный покров был срезан или оказался погребенным под сооружениями различного назначения, жилыми зданиями, дорогами и культурными садами. Изменяется и такой природный процесс, как осадкообразование, создается новый, антропогенный тип отложений. Например, значительная часть территории Подола стала почти полностью непригодной во время половодья, в результате чего прекратились накопление аллювия. На отдельных искусственно поднятых участках территории города размещены новые жилые массивы (Русановский, Березняки, Оболонь и др.). Таким образом, характер почвенного покрова и почвообразования в Киеве в значительной степени зависит от антропогенных факторов, т. е. хозяйственной деятельности человека.

На режим поверхностного стока, инфильтрацию и питание водоносных горизонтов, местный климат, процессы почвообразования, развитие эрозионно-оползневых процессов определенное влияние оказывает растительный покров и характер его изменений.

В результате уничтожения определенной части лесных насаждений, кустарников и садов в Киеве и его окрестностях произошло некоторое повышение температуры воздуха и понижение относительной влажности, активизировался поверхностный сток, увеличилась площадь незакрепленных песков. Изменение площади лесных насаждений и лугов привело к интенсификации эрозионно-оползневых и почвообразовательных процессов.

Вследствие сложного рельефа местности, своеобразного ландшафта, характеризующегося чередованием открытых пространств с территориями, покрытыми лесами и парками, и особенностями близости Днепра в Киеве выделяются районы с различным микроклиматом. В городе имеются «островки» холода и тепла, между которыми разница в температуре воздуха достигает нескольких градусов.

На территории Киева в толще третичных и четвертичных отложений распространено несколько горизонтов грунтовых вод, залегающих на глубине 0—20 м и более. Однако из-за застройки города, создания водонепроницаемых дорожных покрытий, сброса талых и дождевых вод в водостоки происходит уменьшение инфильтрационного питания водоносных горизонтов. По данным на 1 января 1961 г., площадь Киева, с которой не происходит инфильтрация осадков, составляет 82—83%. Если в районе Пе-

черска на плотно застроенной и заасфальтированной территории амплитуда колебаний уровня грунтовых вод не превышает 0,18—0,30 м, то в почти незаасфальтированной части района она достигает 0,90 м. Исследованиями установлено, что в многоводном и многолетнем разрезе наблюдается понижение уровня грунтовых вод. Особенно резко снижение этого уровня (до 26 м) происходит при строительстве метрополитена.

За последние примерно 180 лет в Киеве был построен целый комплекс дренажей, собирающих и сбрасывающих в Днеп большое количество грунтовых вод.

В связи с освоением пойменной террасы Днепра в Киевской его окрестностях на правом (Подол, Теличка и др.) и левом (Русановский массив, Кухмистерская слободка и др.) берегах реки многие пойменные болота уже уничтожены намывкой грунтов. В целом на территории Киева заболоченные земли встречаются очень редко и площадь их непрерывно уменьшается.

В настоящее время в Киеве насчитывается более 170 прудов, устроенных на ручьях и небольших речках. Некоторые пруды, например, Ореховатские, за последние годы реконструированы и благоустроены. Часть прудов создана в декоративных целях — это пруды на притоке р. Нивки, на ручье Сырец и др. Следует отметить, что для Киева разработан план строительства «голубой зоны», в которую включены все существующие и проектируемые водоемы в пределах городской застройки.

В пределах города имеются поля орошения и поля фильтрации. Поля орошения площадью 150 га, сооруженные еще в 1908—1915 гг. в районе Приорки, в настоящее время из-за малых размеров имеют небольшое значение. Поля орошения существуют также в районе с. Чапаевка на правом берегу Днепра, а на правобережной пойме Днепра (район Наталки) находятся поля фильтрации протяженностью 500—700 м и шириной 50—300 м. На огромном массиве на левом берегу Днепра в районе с. Бортыничи построен новый коллектор, по которому канализационные стоки города направляются под руслом Днепра на поля орошения. Следует заметить, что к полям орошения и полям фильтрации приурочена антропогенная заболоченность.

На климат города определенное влияние оказывает гидрографическая сеть. В Киеве, как и в других городах, с одной стороны, наблюдается сокращение естественной гидрографической сети (канализирование малых рек, например Лыбедь, ручьев, дренирование и засыпка озер и болот), а с другой — развитие антропогенной речной сети (каналы, водохранилища, пруды, заболачивание). Оба процесса обычно сочетаются.

В связи со строительством ГЭС на Днепре началось активное вмешательство человека в естественное состояние и режим реки, которая у Киева имела три основных русла: ныне существующее Старик и Черторой. Из-за сравнительно большой скорости течения не только во время весеннего половодья, но и в период ме-

жени (0,5—0,7 м/с), а также легкой размываемости аллювиальных отложений русло Днепра часто деформируется — образуются пойма рукава, перекаты, мели, плесы и озера.

Наибольшее влияние город оказал на первичную гидрографическую сеть. В прошлом на северной окраине Киева протекали довольно полноводные реки Мурашка и Коноплянка, а также ручьи Западский, Куриный Брод, Сырец, Бабий Яр и Репьях. Их прорезавшие коренной склон Днепра и первую пойменную террасу. Они незаметно исчезли в пойменных долинах Днепра. Большая часть этих водотоков перенесена (например, р. Коноплянка). Некоторые протекают в искусственных каналах и подземных коллекторах.

Одним из наиболее значительных притоков Днепра является ручей Сырец, русло которого спрямлено и укреплено. Расход воды в ручье зависит от величины сбросов промышленных и бытовых стоков.

Ручей Репныхов Яр течет в естественном русле, далее в искусственном канале и, наконец, в трубе диаметром 1,5 м. Для гашения энергии движущегося потока местами (в верховьях) устроены противоэрозионные каменные стенки высотой 1—1,5 м, длиной до 2 м.

Ручьи, текущие в Смородинском Яре, Юрковском овраге и Крещатикской балке в настоящее время одеты в бетон или заасфальтированы в коллекторы, и в них сбрасываются ливневые воды из городских водостоков.

Притоками р. Лыбеди являются ручьи Скоморох и Кловский, Бабий Яр и Совский, а также другие водотоки. Два первых введены в подземные коллекторы, остальные текут в открытых искусственных каналах.

Пойменные участки многих овражных ручьев осушены. Причиной тому является Козье болото, которое в середине XIX в. существовало в Крещатикской балке на месте современной площади им. Октябрьской революции.

Влияние водных масс рек и водоемов на микроклимат в центре города определяется химическим составом и физико-химическими свойствами поверхностных вод. Пересекая территорию города на участке длиной 17 км, Днепр во многих местах загрязняется, в результате чего изменяется химический состав воды и ее физико-химические свойства.

Так же как Днепр и его притоки, загрязнились сточными водами и многие пруды, которые служили местом сброса промышленных и хозяйственно-фекальных вод, а также местом складки промышленных отходов и мусора. В последние годы значительно улучшилось санитарное состояние большинства прудов, произведена очистка Голосеевского пруда, углублено и расширено его ложе, благоустроены набережные, берега частично облицованы гранитом, устроена дамба с водоспуском. Очищены пруды и в районе Пуще-Водицы.

## 2. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Климат является результатом сложного взаимодействия различных по своей природе процессов, протекающих в географической оболочке Земли. В их основе лежит обмен веществом и энергией между отдельными категориями ландшафтов и внутри самого ландшафта между различными его компонентами, такими, как воздушные массы, водные скопления, почвенный и растительный покров и т. д. Климат сам является одним из компонентов ландшафта.

Под влиянием естественного хода климатообразующих процессов происходят изменения климата, его вековые колебания. Эти процессы называются факторами климата. По своему характеру факторы климата могут быть разделены на внешние и внутренние. К внешним можно отнести космические факторы (солнечная радиация, изменение расстояния между Землей и Солнцем, атмосферные приливы и др.); к внутренним — атмосферную циркуляцию, характер подстилающей поверхности, влагооборот, тепло- и влагообмен подстилающей поверхности с атмосферой и др.; все они взаимосвязаны между собой.

Изменения климата, связанные с хозяйственной деятельностью человеческого общества, называются антропогенными изменениями климата. Антропогенные факторы, накладываясь на естественные природные условия, видоизменяют их, способствуют формированию мезоклимата.

Таким образом, климат является результатом взаимодействия как естественных, так и антропогенных процессов.

Основными факторами климата принято считать солнечную радиацию, общую циркуляцию атмосферы и характер подстилающей поверхности. В условиях современного крупного города важную роль, как уже указывалось, играет хозяйственная деятельность человека, которая определенным образом видоизменяет перечисленные выше факторы. Эти изменения связаны с особенностями структуры города (характером застройки, архитектурным ландшафтом, озеленением, наличием водоемов), загрязнением внешней среды, выделением производственного и бытового тепла.

факторы климата в условиях современного города количественно могут быть учтены с помощью уравнения теплового баланса действительной поверхности

$$R + d = LE + P + q + C, \quad (1)$$

где  $R$  — радиационный баланс подстилающей поверхности, представляющий собой разность между приходом и расходом энергии на уровне земли;  $d$  — тепло, выделяемое промышленными и бытовыми предприятиями;  $LE$  — затрата тепла на испарение, где  $E$  — суммарное испарение,  $L$  — скрытая теплота испарения, равная

$$L = 597 - 0,6t; \quad (2)$$

где  $t$  — температура испаряющей поверхности (в °C);  $P$  — теплообмен между подстилающей поверхностью и атмосферой;  $q$  — теплообмен между подстилающей поверхностью и нижележащими слоями почвы;  $C$  — теплообмен между подстилающей поверхностью и негоризонтальными конструкциями. Включение члена  $C$  в уравнение (1) имеет смысл только в том случае, если  $C$  представляет собой вектор, лежащий в вертикальной плоскости.

Все составляющие уравнения (1) выражены в джоулях.

Члены, стоящие в правой части равенства, принято считать отрицательными, если они характеризуют расход тепла.

В настоящее время уже выполнены некоторые расчеты, позволяющие оценить порядок величины тепловой энергии, выделяемой производственными предприятиями и транспортом в крупных больших городах. Для Лондона, например, величина энергии, поступающего зимой в атмосферу при различных видах хозяйственной деятельности, оказалась примерно равной солнечной радиации, приходящей в этом сезоне на земную поверхность. Для условий Киева, который является более солнечным городом, эта величина должна быть значительно меньше (около 10-50% зимних сумм суммарной радиации).

Среди факторов, воздействующих на климат данной местности, особая роль принадлежит солнечной радиации, которая является основным источником энергии атмосферных процессов. Основные закономерности радиационного режима земной поверхности описываются уравнением радиационного баланса

$$R = S' + D - r_k - E_s + E_a, \quad (3)$$

где  $S'$  — прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность;  $D$  — рассеянная радиация;  $r_k$  — отраженная земной поверхностью радиация;  $E_s$  — излучение земли;  $E_a$  — излучение атмосферы. Практически вся лучистая энергия прямой и рассеянной радиации находится в коротковолновом участке спектра,

т. е. в интервале длин волн от 0,3 до 4 мкм. Тепловое излучение земной поверхности и атмосферы является длинноволновым (интервал длин волн 4—100 мкм).

Согласно уравнению (3), основными элементами радиационного режима являются коротковолновая радиация в виде прямых, рассеянных и отраженных лучей и длинноволновая в виде излучения земли и атмосферы.

Как известно, количество тепла, получаемое земной поверхностью от солнца, зависит прежде всего от продолжительности дня и высоты солнца над горизонтом. В течение года продолжительность дня резко меняется (рис. 3). Так, день летнего солнцестояния (22 июня) самый длинный (16,5 ч). В этот день высота солнца над горизонтом в полдень в Киеве составляет 63,2°.

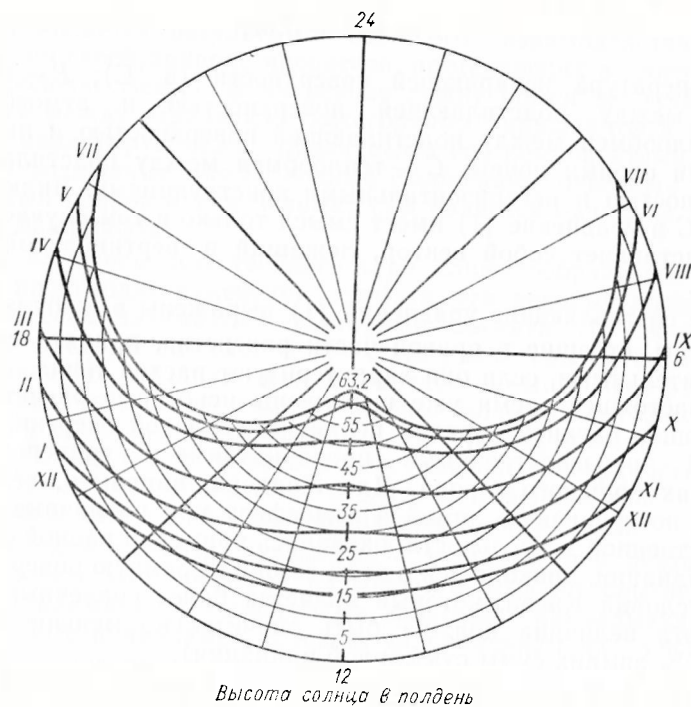


Рис. 3. Продолжительность дня (ч) и полуденная высота солнца (град).

Самый короткий день года (8,3 ч) — день зимнего солнцестояния (22 декабря). В этот день солнце над горизонтом находится очень низко. В полдень оно поднимается лишь на 16°.

Солнечное сияние. Одной из основных характеристик радиационного режима является продолжительность солнечного сияния, которая определяется астрономическими факторами и режимом облачности. В Киеве средняя продолжительность солнечного сияния составляет 1843 ч, или 45% теоретически возможной (рис. 4).

По сравнению с годовым ходом высоты солнца и повторяемости облачных дней, наименьшие значения продолжительности солнечного сияния отмечаются в декабре и составляют 32 ч, или 8% от возможного, наибольшее — в июле 287 ч, или 62% от возможного.

Наибольшее число дней без солнца наблюдается зимой (в декабре 12 дней от годового числа) (табл. 2). В этот сезон солнце появляется один раз в 2—3 дня. Регистрация солнечного сияния начинается с 7—8 ч и прекращается в 16—17 ч. Максимум продолжительности солнечного сияния приходится на полуденные часы (12—13 ч), что обусловлено суточным ходом облачности.

Летом число ясных дней возрастает, дни без солнца наблюдаются очень редко (один раз в месяц). Регистрация солнечного сияния начинается с 4—5 ч и длится до 19—20 ч. Максимум продолжительности солнечного сияния сдвигается на полуденное время (10—13 ч).

Таблица 2

Число дней  $n$  без солнца

Месяц	$n_{\text{наим}}$	$\bar{n}$	$n_{\text{наиб}}$	Месяц	$n_{\text{наим}}$	$\bar{n}$	$n_{\text{наиб}}$
I	9	18	28	VIII	0	1	4
II	7	14	16	IX	0	3	5
III	2	11	15	X	2	8	10
IV	1	6	11	XI	7	16	25
V	0	2	5	XII	14	21	28
VI	0	1	3	Год	73	102	126
VII	0	1	4				

В отдельные годы в зависимости от характера погодных процессов, определяющих количество и форму облаков, число дней без солнца, а также продолжительность солнечного сияния могут существенно отличаться от средних величин. Так, в 1963 г. отмечено наименьшее число дней без солнца (73) и наибольшая про-

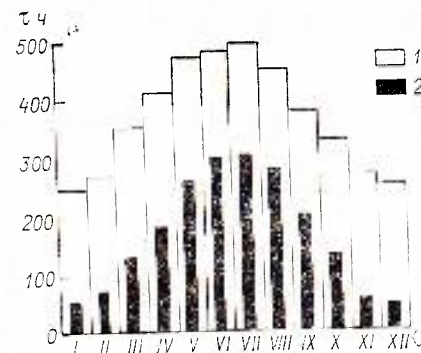


Рис. 4. Продолжительность  $\tau$  (ч) солнечного сияния.

1 — возможная, 2 — действительная.

должительность солнечного сияния (2281 ч). Неблагоприятные погодные условия 1960 г. обусловили наибольшее число дней без солнца (126) и наименьшую годовую продолжительность солнечного сияния (1680 г). Аналогичные отклонения от средних величин продолжительности солнечного сияния и числа дней без солнца можно проследить во все месяцы года.

Важной характеристикой радиационного режима, помимо суммарной длительности солнечного облучения, является его непрерывность (табл. 3). В течение года непрерывная продолжительность солнечного сияния чаще всего составляет 2—4 ч.

Таблица 3

Повторяемость (%) непрерывной продолжительности солнечного сияния

Продолжительность, ч		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
от	до												
Киев, обсерватория													
2	<2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4	42	30	24	26	28	27	29	26	26	23	31	40
6	6	29	27	20	23	19	24	22	22	19	19	29	36
8	8	26	26	19	15	15	14	14	14	14	23	32	23
10	10	1	16	25	12	10	11	0	10	20	33	7	
12	12		0,2	11	16	9	6	7	12	19	1		
14	14				7	15	10	12	15	1			
	16					3	7	6	0,2				

Непрерывная продолжительность солнечного сияния более 10 ч в сутки наблюдается с мая по август. Тогда же отмечается наибольшая продолжительность солнечного сияния (до 16 ч). Весной и осенью (март, октябрь) наибольшая повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния приходится на 8—10 ч.

Сравнение данных по продолжительности солнечного сияния в Киеве и в загородной зоне (Борисполь) показало, что в условиях города в среднем продолжительность солнечного сияния на 3% ниже, чем за городом.

Определяющее значение астрономических факторов в приходе лучистой энергии хорошо проявляется в условиях ясного неба при средней прозрачности атмосферы, когда наиболее отчетливо выражены закономерности суточного и годового хода радиации.

**Радиационный режим при ясном небе.** Данный режим характеризуется возможными суммами радиации, т. е. теми величинами, которые могут наблюдаться при отсутствии облачности. В районе Киева возможные суммы суммарной радиации ( $Q_0 =$

$Q_0 = D_0$ ) в среднем составляют 6276 МДж/(м<sup>2</sup>·год). При этом 80% приходится на долю прямой радиации ( $S'_0$ ) и 20% — на долю рассеянной ( $D_0$ ). Для месячных сумм всех видов коротковолновой радиации характерен правильный ход с минимумом в декабре и максимумом в июне.

В суточном ходе солнечной радиации при ясном небе во все времена наблюдается увеличение часовых сумм до полудня и их уменьшение в послеполуденное время. Наряду с этим на суточный ход радиационных потоков существенно влияет прозрачность атмосферы. Обычно в первую половину дня воздух чище, чем во вторую, что приводит к асимметрии дневного хода часовых сумм радиации и смещению максимума кривой дневного хода прямой радиации на дополуночное время. Однако в суточном ходе суммарной радиации при ясном небе асимметрия относительно полудня, как правило, не проявляется, так как снижение поступления прямой радиации во второй половине дня частично компенсируется ростом рассеянной радиации.

Одним из количественных показателей прозрачности атмосферы является коэффициент прозрачности при оптической массе атмосферы, равной  $m$  ( $p_m$ ). Согласно [29], наилучшие условия прозрачности атмосферы в районе города наблюдаются с ноября по февраль ( $p_2 = 0,76...0,77$  при  $m = 2$ ).

В июне — августе из-за мутности атмосферы, вызванной повышенным содержанием аэрозолей (в основном пыли), значения коэффициента прозрачности наименьшие (0,69—0,71). Характерно, что в годовом ходе прозрачности нарастания возможных месячных сумм рассеянной радиации резко нарушается от марта к апрелю и от августа к сентябрю. Это связано с изменением характеристик прозрачности атмосферы в указанные месяцы.

В условиях безоблачной погоды максимальные значения прямой солнечной радиации отмечаются в часы, близкие к полудню, при наибольшей высоте солнца. Средняя максимальная интенсивность прямой солнечной радиации, поступающая на поверхность, перпендикулярную к солнечным лучам ( $S$ ), в Киеве составляет около 872 Вт/м<sup>2</sup> [102]. Такие значения характерны для летних месяцев (март), когда сочетается относительно большая высота солнца и высокая прозрачность атмосферы. В солнечные дни с исключительно хорошей прозрачностью атмосферы  $S$  на уровне земли может достигать 998 Вт/м<sup>2</sup>. В декабре в связи с малой высотой солнца отмечаются минимальные значения  $S$  (649 Вт/м<sup>2</sup>).

Радиационный баланс подстилающей поверхности при ясном небе ( $R_0$ ) в среднем для города с марта по октябрь положительный. При этом максимальная сумма  $R_0$  (419 МДж/м<sup>2</sup>) отмечается в июле, минимальная (138 МДж/м<sup>2</sup>) — в январе. Показатель обусловлен небольшим притоком солнечной радиации, низкими температурами и наибольшей величиной отраженной радиации. В годовом ходе послеполуденные месячные суммы

радиационного баланса, как правило, меньше (на 8%) допущенных. Исключение составляют месяцы (март, ноябрь) с резко меняющимся характером подстилающей поверхности.

В целом за год радиационный баланс при условии безоблачного неба равен 1851 МДж/м<sup>2</sup>. Однако в реальных условиях при наличии облачного покрова возможные суммы составляющих радиационного баланса претерпевают значительные изменения.

**Радиационный режим при средних условиях облачности.** Облачный покров по-разному влияет на отдельные составляющие радиационного баланса в зависимости от формы и количества облаков.

В среднем за многолетний период при облачности сумма прямой солнечной радиации за год уменьшается (на 59%) по сравнению с возможной, в то же время сумма рассеянной солнечной радиации увеличивается (на 61%). Приход суммарной радиации за год равен 4141 МДж/м<sup>2</sup>.

Вклад прямой и рассеянной солнечной радиации в годовой суммарный радиационный поток, поступающий к земной поверхности, примерно одинаков. Однако в течение года это соотношение непостоянно. В период с ноября по февраль на долю прямых лучей в суммарном потоке приходится 25—35%, с марта по октябрь — 45—55%.

Важной характеристикой радиационного режима является отношение рассеянной радиации к суммарной, используемое при архитектурных разработках, в здравоохранении, гидроэнергетике и т. д. В условиях города отношение рассеянной радиации к суммарной при ясном небе является устойчивой величиной. При средних условиях облачности оно колеблется от 70% зимой до 45% летом.

В месяцы с наиболее благоприятными условиями для поступления прямой радиации (июнь — сентябрь) ее месячные суммы на горизонтальную поверхность составляют 47—52% возможных.

Для годового хода прямой и суммарной радиации характерно резкое увеличение месячных сумм от февраля к марту, что объясняется ростом высоты солнца и продолжительности дня, уменьшением облачных дней и высокой прозрачностью атмосферы в марте.

В отдельные годы в зависимости от конкретных погодных условий месячные и годовые величины элементов радиационного режима могут значительно отличаться от средних. В особенности изменчивы во времени суммы радиационных потоков за короткие интервалы времени (сутки, часы, минуты).

Важным элементом радиационного режима является альbedo. По данным [48], во все месяцы года альbedo естественной поверхности в районе Киева имеет четко выраженный дневной ход, обратный изменению высоты солнца.

В годовом ходе эффект зависимости альbedo от высоты солнца в отдельные месяцы перекрывается влиянием характера подстилающей поверхности. Так, минимальные значения средних месячных величин альbedo (17%) наблюдаются не в июне, когда высота солнца максимальная, а в апреле, когда снег растаял и оголенная почва увлажнена. В сумме за год в Киеве подстилающей поверхностью отражается 909 МДж/м<sup>2</sup>, или 22% приходящей коротковолновой радиации. В отдельные годы могут быть значительные отклонения альbedo от средних значений ( $C_p = 8\%$ ).

Поглощенная радиация, или так называемый коротковолновый радиационный баланс, представляет собой разность между суммарной и отраженной радиацией. Среднее годовое значение поглощенной радиации для Киева составляет 3232 МДж/м<sup>2</sup> с максимумом 540 МДж/м<sup>2</sup> в июне и минимумом 33 МДж/м<sup>2</sup> в декабре. Нагреваясь под действием поглощенной радиации, деятельная поверхность сама становится источником излучения тепловых потоков. Под их влиянием нагревается атмосфера, которая, в свою очередь, посылает встречный поток длинноволнового излучения к земле.

Длинноволновый баланс, как разность между излучением атмосферы и земли, зависит от многих факторов и прежде всего от температуры воздуха и подстилающей поверхности, от влажности содержания атмосферы, характера облачности и стратификации атмосферы.

Земная поверхность, являясь источником теплового излучения в системе Земля — атмосфера, больше отдает длинноволнового излучения, чем получает. В результате ее длинноволновый баланс отрицателен. Величина длинноволнового баланса, взятая с обратным знаком, известна как эффективное излучение.

В Киеве эффективное излучение имеет плавный годовой ход с небольшой амплитудой: максимальная месячная сумма (184 МДж/м<sup>2</sup>) наблюдается в июне, минимальная (50 МДж/м<sup>2</sup>) — в декабре. В среднем за год эффективное излучение при облачности составляет 1545 МДж/м<sup>2</sup>, или 55% ее годовой величины при ясном небе.

Суточный максимум эффективного излучения наблюдается после полудня, минимум — во вторую половину ночи (перед восходом солнца).

Как отмечалось выше, прямая, рассеянная и суммарная радиация по спектральному составу относятся к видимым коротковолновым потокам солнечной радиации. В отличие от них излучение земли ( $E_z$ ), атмосферы ( $E_a$ ), эффективное излучение ( $E_{эфф}$ ) лежат в невидимой инфракрасной части спектра, оказывая в основном тепловое воздействие на окружающую среду. С помощью потоков  $E_z$  и  $E_a$  земля и атмосфера обмениваются теплом. В суточном ходе наибольшие значения  $E_{эфф}$  отмечаются



в часы, близкие к максимальной температуре воздуха (13—14 ч), а наименьшие — обычно в период минимума температуры (в предутренние часы). При ясном небе эффективное излучение часто превышает 140 Вт/м<sup>2</sup>, тогда как при тумане падает до нуля или становится отрицательным.

Радиационное охлаждение земной поверхности и нижних слоев атмосферы в процессе излучения (особенно ночью при ясной погоде) оказывает заметное влияние на формирование термического режима почвы и воздуха, возникновение заморозков, туманов, облачности и других явлений. В связи с этим представляют интерес характеристики эффективного излучения в различные периоды суток (табл. 4). Например, в январе сумма эффективного излучения в ясную ночь на 4982 кДж/м<sup>2</sup> больше, чем в пасмурную ночь. В июле эта разность составляет 1340 кДж/м<sup>2</sup>. Ночное излучение при отсутствии облаков в январе в 3—4 раза превышает дневной баланс коротковолновой радиации. Во время длинных зимних ночей при прояснении складываются благоприятные условия для интенсивной радиационной потери тепла.

Облачность, увеличивая встречное излучение атмосферы, способствует уменьшению  $E_{эфф}$ . В мае облаками задерживается и частично возвращается к земле 7787 кДж/(сут·м<sup>2</sup>). Эта величина оказывается наибольшей в течение года. Особенно заметно проявляется утепляющая роль облаков в ночные часы. Ночью в мае при облачной погоде эффективное излучение в городе оказывается на 5317 кДж/м<sup>2</sup> меньше, чем в условиях ясной погоды.

Радиационный баланс подстилающей поверхности — это результат взаимодействия всех радиационных потоков на уровне земли за определенный промежуток времени. В целом за год радиационный баланс для Киева положителен и составляет 1687 МДж/м<sup>2</sup>. С ноября по февраль радиационный баланс отрицателен, что обусловлено как пониженными значениями суммарной радиации, так и высокими значениями альbedo подстилающей поверхности в этот период. Переход радиационного баланса через нулевые значения (от положительного значения к отрицательному и наоборот) происходит дважды в год: в ноябре и феврале. В осенние и весенние месяцы отдельных лет в зависимости от продолжительности периода залежания снежного покрова может отмечаться сдвиг времени перехода радиационного баланса через нуль. Наибольшая месячная сумма радиационного баланса часто наблюдается в июле, наименьшая — в декабре — январе. В среднем за год радиационный баланс при облачности на 9% ниже, чем при ясном небе.

Радиационный баланс при солнце, закрытом облаками, уменьшается по сравнению с ясным небом, но в меньшей степени, чем прямая и суммарная радиация, так как облачность уменьшает и расходную часть радиационного баланса — эффек-

Таблица 4  
Эффективное излучение (кДж/м<sup>2</sup>) в различные периоды суток

Эффективное излучение	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
За сутки при ясном небе	6908	7034	7620	8248	9378	9002	7243	7871	6908	6699	6196	5694
За сутки при пасмурном небе	502	712	1047	1256	1591	2428	1758	1549	1465	754	544	377
$\sum_c^0 E_{эфф} - \sum_c^n E_{эфф}$	6406	6322	6573	6992	7787	6573	5485	6322	5443	5945	5652	5317
За ночь при ясном небе	5359	4941	3726	2847	3014	2303	1801	2471	2889	3601	4354	4605
За день при ясном небе	1549	2093	3894	5401	6364	6699	5443	5401	4019	3098	1424	1089
$\sum_d^0 E_{эфф} - \sum_c^0 E_{эфф}$	921	1256	2135	2763	2847	3098	3182	2889	2428	1926	1256	795
За ночь при пасмурном небе	377	377	377	461	544	461	461	419	712	419	335	293
За день при пасмурном небе	126	335	670	795	1047	1968	1298	1005	712	335	209	83
Уменьшение при прояснении днем	1423	1758	3224	4606	5317	4731	4145	4396	3307	2763	1215	1006
Увеличение при прояснении ночью	4982	4564	3349	2386	2470	1842	1340	2052	2177	3182	4019	4312

тивное излучение и отраженную радиацию. В том случае, когда облака не экранируют солнечный диск, увеличение облачности может привести к некоторому росту радиационного баланса по сравнению с безоблачным небом.

Средняя полуденная интенсивность радиационного баланса колеблется от 412 до 488 Вт/м<sup>2</sup>. Естественно, что в отдельные дни в зависимости от условий погоды эти различия могут быть значительно больше. Величина радиационного баланса в полночь в течение года меняется мало: от -14 до 42 Вт/м<sup>2</sup>.

Время года, когда суточные суммы радиационного баланса становятся меньше нуля, характеризует собой начало холодного периода. В этот период баланс коротковолновой радиации за день не в состоянии компенсировать радиационные «потери» тепла. В Киеве устойчивый переход к отрицательным суточным суммам баланса происходит в период 26 октября — 16 ноября, а к положительным 12—22 марта (в зависимости от продолжительности залегания снежного покрова).

Переход радиационного баланса через нуль в суточном ходе обычно осуществляется при высоте солнца около 10°, но может несколько отличаться от этого момента в зависимости от условий погоды. В среднем радиационный баланс меняет знак спустя час-полтора после восхода солнца и за час-полтора до захода солнца.

Следует подчеркнуть, что в суточном ходе переход радиационного баланса через нуль разделяет сутки на две части — светлую и темную, с резко отличными метеорологическими условиями. Это хорошо проявляется в теплое время года, когда светлая часть суток характеризуется активным развитием атмосферных процессов: интенсивным прогревом, испарением, формированием конвекции, кучевых и кучево-дождевых облаков, усилением ветра, развитием грозовой деятельности и выпадением ливневых осадков.

В темное время суток, наоборот, атмосферные процессы развиваются более спокойно. Прогрев земной поверхности в нижних слоях воздуха в это время сменяется охлаждением, в результате чего происходит образование приземных инверсий, формирование заморозков, туманов и росы, местной слоистой облачности, ослабление скорости ветра.

Расчет энергетических ресурсов подстилающей поверхности производится по формуле теплового баланса

$$R = LE + P + q. \quad (4)$$

Обозначения отдельных составляющих дано выше. Уравнение даст возможность рассмотреть процесс перехода лучистой энергии в тепловую; его можно представить в виде:

$$R - LE - P - q = 0. \quad (5)$$

В этом случае становится очевидным равенство между приходом и расходом энергии.

Существующая в настоящее время методика определения турбулентных потоков тепла и влаги в условиях города, основанная на измерении характеристик структуры воздушного потока, пульсаций температуры и скорости ветра является весьма сложной. Для пригородной зоны, характеризующейся однородной подстилающей поверхностью, можно применять известные методы расчета составляющих теплового баланса, основанные на использовании результатов актинометрических и градиентных наблюдений. Территория пригородной зоны может рассматриваться как область перспективной застройки города. Для нее имеет практически важное значение расчет компонент теплового баланса земной поверхности, позволяющий получить естественный энергетический фон, на который накладывается влияние города.

Тепловой режим нижних слоев атмосферы формируется под влиянием притока солнечного тепла и турбулентного теплообмена подстилающей поверхности с атмосферой.

Годовой ход затрат тепла на испарение обусловлен колебаниями притока тепла к земной поверхности и характером ее увлажнения. Максимум затрат тепла на испарение приходится на июль 226 МДж/(мес·м<sup>2</sup>), минимум отмечается в декабре 4 МДж/(мес·м<sup>2</sup>) (рис. 5).

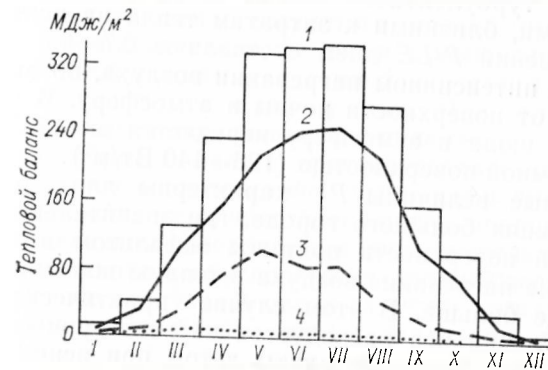


Рис. 5. Годовой ход составляющих теплового баланса (МДж/м<sup>2</sup>). Борисполь.  
1 — радиационный баланс (гистограмма), 2 — затраты тепла на испарение, 3 — турбулентный теплообмен, 4 — теплообмен в почве.

По средним данным основное количество тепла, получаемое подстилающей поверхностью от солнца в районе города, расходуется на испарение. Затраты тепла на испарение за год составило 1306 МДж/м<sup>2</sup>, или 70% радиационного баланса [97].

Одним из основных факторов, определяющих турбулентный теплообмен, является радиационный баланс подстилающей поверхности. За год на турбулентный поток тепла в приземном

слое атмосферы в районе города расходуется около 27% годовой величины радиационного баланса, а именно 440 МДж/м<sup>2</sup> тепла. Нулевые значения потока тепла отмечаются в декабре. Это обусловлено отрицательными значениями радиационного баланса. В конце весны процессы трансформации воздушных масс преобладают над адвективными факторами, наблюдается интенсивный прогрев подстилающей поверхности, в результате чего устанавливаются наиболее высокие вертикальные градиенты температуры. В этот период величины турбулентного потока тепла достигают максимальных значений [92 МДж/(мес·м<sup>2</sup>) или 32% радиационного баланса]. На теплообмен в почве  $q$ , по сравнению с остальными составляющими теплового баланса, затрачивается относительно небольшое количество тепла, около 11% радиационного баланса. Однако, несмотря на малые абсолютные величины теплообмена в почве, последний играет важную роль в формировании термического режима верхних горизонтов почвы, особенно в переходные сезоны. Для средних условий при расчетах годовых величин с достаточной степенью точности можно считать, что годовая сумма теплообмена в почве близка к нулю.

Важно отметить, что с апреля по октябрь большую часть суток величины турбулентного потока тепла оказываются достаточно высокими, близкими к затратам тепла на испарение. Величины отношений  $P/LE$  днем составляют 0,7—0,8. Это свидетельствует об интенсивном нагревании воздуха, об активной передаче тепла от поверхности почвы в атмосферу. В полуденные часы июня и июля в атмосферу передается около 30% тепла, освоенного земной поверхностью (126—140 Вт/м<sup>2</sup>).

Приведенные величины  $P$  характерны для пригородной зоны. В условиях большого города, где значительные площади подстилающей поверхности покрыты асфальтом и камнем, затраты тепла на нагревание воздуха в теплую половину года оказываются еще больше. В этом случае практически все тепло радиационного баланса расходуется на этот процесс. Для примера укажем, что бетонные плиты летом при ясном небе в полуденные часы нагреваются до 60°C, отдавая в воздух каждую минуту свыше 21 кДж/м<sup>2</sup>. Это около 1256 кДж/(ч·м<sup>2</sup>). Такое количество тепла способно за короткое время повысить температуру воздуха на несколько градусов.

В условиях города, где теплообмен осуществляется не только между поверхностью асфальта и воздухом, но и за счет «бокового» теплообмена с вертикальными конструкциями, воздух нагревается еще сильнее. Вот почему так важно озеленение городских магистралей и площадей. Зеленые растения активно транспирируют (испаряют) влагу, способствуя понижению температуры воздуха. Следует стремиться также к тому, чтобы ослабить дополнительный нагрев воздуха от вертикальных конструкций путем повышения их отражательной способности, озеленения

и вблизи растений и увеличения теплоемкости строительных материалов. Необходимо обеспечить хорошую продуваемость отдельных районов города. На физические свойства нижних слоев атмосферы (температуру, влагосодержание, скорость ветра, степень загрязнения и др.) существенно влияет интенсивность турбулентного обмена, которая характеризуется коэффициентом турбулентности. Средние значения коэффициента турбулентности на уровне одного метра  $K_1$  в приземном слое воздуха в пригородной зоне изменяются от 0,05 м<sup>2</sup>/с в ночное время до 0,24 м<sup>2</sup>/с в полуденные часы. В годовом ходе максимальные значения коэффициента турбулентности отмечаются в июне. Изменение полуденных величин  $K_1$  от апреля к октябрю невелико и не превышает 0,02 м<sup>2</sup>/с.

Составляющие теплового баланса и коэффициент турбулентности существенно зависят от условий погоды и в зависимости от ее характера могут заметно отклоняться от своих средних значений.

**Энергетическая характеристика сезонов.** В отдельные сезоны года радиационный режим имеет свои особенности, обусловленные астрономическими факторами, сезонными изменениями циркуляции, прозрачностью атмосферы и состоянием подстилающей поверхности.

**Зима.** В зимний сезон вследствие низкой высоты солнца, наименьшей продолжительности дня и повышенной облачности приход суммарной радиации к земной поверхности минимален (111 МДж/м<sup>2</sup> или 8% годовой суммы). При этом рассеянная радиация более чем вдвое превышает прямую.

Зимой в результате малого притока тепла к земной поверхности наблюдается ее интенсивное выхолаживание, что способствует образованию устойчивого снежного покрова. Покрытая снегом подстилающая поверхность в свою очередь из-за высоких отражательных свойств обуславливает дальнейшее выхолаживание нижних слоев воздуха. В целом за сутки земная поверхность с ноября по февраль больше теряет тепла, чем получает. Это приводит к тому, что в этот период месячная сумма радиационного баланса оказывается отрицательной.

Активная циклическая деятельность и связанная с ней неустойчивость погодных процессов определяют одну из характерных особенностей зимы, большую изменчивость величин альбедо: от 7—10% при оттепелях до 60—90% при устойчивом снежном покрове.

В зимний сезон энергетические возможности испаряющей поверхности значительно ниже по сравнению с тем количеством тепла, которое необходимо для испарения всех выпавших в этот период осадков ( $H$ )  $R/LH < 1,0$ . Затрата тепла на испарение составляет всего 29 кДж/(сез·м<sup>2</sup>).

Турбулентный поток тепла зимой близок к нулю. Наиболее высокие отрицательные значения турбулентного потока тепла на-

блюдаются зимой при наличии устойчивого снежного покрова. В условиях тихой погоды и незначительного притока тепла величины  $P$  могут достигать  $-42$ ;  $-63$  кДж/(ч·м<sup>2</sup>). Это приводит к формированию глубоких инверсий с перепадом температур между высотами 0,5—2,0 м от  $-0,3$  до  $-0,5^\circ\text{C}$ .

В среднем за сезон величина  $q$  отрицательна ( $-52$  кДж/м<sup>2</sup>). Это свидетельствует о преобладающем притоке тепла к подстилающей поверхности из более глубоких слоев почвы.

**Весна.** С наступлением весеннего сезона вследствие увеличения высоты солнца и продолжительности дня, уменьшения повторяемости адвективных типов погоды и облачных дней существенно повышается роль радиационного фактора в формировании климатических процессов.

Суммарная радиация весной составляет одну треть годовой суммы, т. е. 1302 МДж/м<sup>2</sup>. В суммарном потоке радиации уменьшается вклад рассеянных лучей и возрастает доля прямых.

Особенности весеннего сезона (интенсивное таяние снежного покрова, кратковременные снегопады на относительно теплую почву и т. п.) приводят к резким перепадам в значениях альбедо (от 12 до 70%).

Значительные суммы поступающей солнечной радиации и сравнительно небольшие величины отражения способствуют аккумуляции солнечного тепла земной поверхностью. Поглощенная радиация составляет 1051 МДж/(сез·м<sup>2</sup>). Резко возрастают суточные и соответственно месячные суммы радиационного баланса, что способствует прогреванию деятельного слоя почвы и развитию в приземном слое атмосферы конвективных процессов, чаще всего во вторую половину дня.

Весной в результате интенсивного снеготаяния и значительной аккумуляции солнечной энергии деятельным слоем почвы резко возрастает влагообмен подстилающей поверхности с атмосферой. Величина  $LE$  более чем в 10 раз превышает значения  $LE$  за зимний сезон и составляет около 419 МДж/м<sup>2</sup>.

Рост радиационного баланса в этот сезон, разрушение устойчивого снежного покрова и увеличение шероховатости подстилающей поверхности приводят к интенсивному возрастанию турбулентного теплообмена (209 МДж/м<sup>2</sup>), повышению теплообмена в почве (29 МДж/м<sup>2</sup>).

**Лето.** Максимальная высота солнца, наибольшая продолжительность солнечного сияния летом обуславливают самые высокие в году показатели одного из основных климатообразующих факторов — солнечной радиации (рис. 6). Суммы коротковолновой солнечной радиации, поступающей к земной поверхности при средних условиях облачности, составляют в этот сезон около трех четвертых (71%) возможной величины. На летний сезон приходится почти половина годовой суммы суммарной радиации.

Преобладающим в суммарном потоке является вклад прямых солнечных лучей. Суточные суммы прямой и суммарной радиации в летнее время отличаются наибольшим постоянством.

Значения альбедо в летний сезон устойчивы и для естественного травостоя колеблются около 20%. Минимальные величины альбедо наблюдаются в околополуденные часы.

Значительные суммы поглощенной радиации летом (1191 МДж/м<sup>2</sup>) при минимальном в году количестве облачных дней обуславливают интенсивное излучение земной поверхности. Однако приход радиации в этот период года существенно превышает расход, в результате радиационный баланс за сезон равен 900 МДж/м<sup>2</sup>, что составляет 54% годовой величины.

Летний сезон характеризуется наибольшими величинами затрат тепла на испарение (712 МДж/м<sup>2</sup>). Заметно возрастает и достигает максимальной величины турбулентный теплообмен подстилающей поверхности с атмосферой (209 МДж/м<sup>2</sup>) и затраты тепла на теплообмен в почве (46 МДж/м<sup>2</sup>).

**Осень.** Переход к осеннему сезону характеризуется усилением циркуляционной деятельности и соответственно ослаблением роли радиационных факторов в процессах климатообразования. Приход суммарной радиации уменьшается и составляет 69% МДж/м<sup>2</sup> (17% годовой суммы). При этом в суммарном потоке отмечается некоторое превышение сумм рассеянной радиации над прямой. Фактические суммы суммарной радиации по отношению к возможным в осенний сезон составляют от 70% в сентябре до 45% в ноябре. В первую половину осени величины альбедо колеблются от 21 до 25%. С появлением снежного покрова их значения становятся неустойчивыми как во времени, так и в пространстве, что определяется состоянием снежного покрова и его характеристиками (уплотненностью, загрязнением и т. д.). Суммы поглощенной радиации осенью, в сравнении с летним сезоном, уменьшаются более чем в 2,5 раза и составляют 540 МДж/м<sup>2</sup>. Осенью с увеличением облачности возрастает противозлучение атмосферы. Тем самым частично компенсируется расход тепла земной поверхностью путем излучения.

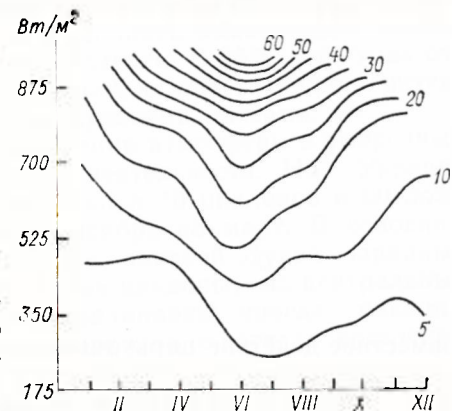


Рис. 6. Годовой ход максимальной интенсивности прямой солнечной радиации  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>) на перпендикулярную поверхность при различных высотах солнца (от 5 до 60°).

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Совместное действие циркуляционных и радиационных факторов климата находит свое отражение в особенностях годового и суточного хода температуры и влажности воздуха, количества осадков и обуславливает их неперIODические изменения.

В район Киева воздушные потоки поступают с Атлантики, из Арктики и Евразии. Изменения погоды, обусловленные движением воздушных масс, как правило, перекрывают влияние радиационных и местных факторов климата. Адвективные воздействия на погоду имеют четко выраженные сезонные различия. Например, поступление атлантических воздушных масс зимой способствует повышению средней температуры воздуха, а летом этот процесс часто связан с пасмурной и прохладной погодой. Вторжение континентальных воздушных масс зимой приводит к резким и значительным похолоданиям, а летом сопровождается жаркой и сухой погодой. В целом летом влияние адвекции существенно слабее, чем зимой. В процессе общей циркуляции в циклонах и на связанных с ними атмосферных фронтах формируются облачные системы, дающие осадки. Это приводит к существенным колебаниям температурного режима.

Киев расположен на границе влияний Атлантического океана и континента, с одной стороны, северных (арктических) и южных широт — с другой. Эта особенность расположения города существенно повышает роль циркуляционных факторов климата. Циклоны, обычно смещающиеся с запада и юго-запада, обеспечивают перенос влажных и теплых воздушных масс; антициклоны обуславливают перенос холодных воздушных масс в тылу циклонов или же в гребнях и отрогах высокого атмосферного давления (с севера и востока). Район Киева открыт для затока воздушных масс морского происхождения — с Атлантики, Средиземного и Черного морей, с арктических морей. И в то же время он доступен для вторжений континентальных воздушных масс, формирующихся над равнинами Евразии. Существенно и то, что здесь происходит трансформация воздушных масс, формирование континентального воздуха.

Над Европейской территорией Союза (ЕТС) господствует западная форма циркуляции, которая наблюдается примерно

40% дней, особенно в конце лета и начале осени; повторяемость западной циркуляции 34%; она чаще всего бывает зимой, когда доминирует сибирский антициклон и его отроги. В 26% дней года наблюдается меридиональная циркуляция, осуществляющая интенсивный междуширотный обмен воздушными массами.

Основной формой общей циркуляции атмосферы в умеренных широтах является циклоническая деятельность. На Украине циклоническая деятельность наблюдается в среднем около 70 циклонов и 60 ложбин. Циклоны особенно часты с ноября по март. В основном они смещаются со Средиземноморья, низовий Дуная, западных районов Черного моря (юго-западные циклоны), из центральных районов Европы, с Балтики и Скандинавии; иногда циклоны приходят с севера (с Баренцева моря) и с юга (с восточных районов Черного моря).

Основным фактором, определяющим активность циклонической деятельности, является холодная высотная ложбина, ориентированная своей осью с севера на Украину. Именно в ее передней (восточной) части движутся к северо-востоку юго-западные циклоны; с ее тыловой (западной) частью связаны северо-западные циклоны. В тех случаях, когда южная периферия высотной ложбины располагается над севером Украины, там перемещаются западные циклоны. С высотной ложбиной связаны атмосферные фронты, обуславливающие существенные и быстрые изменения погоды.

Одним из важных синоптических процессов холодного периода является стационарирование антициклонов и развитие их отрогов над юго-востоком ЕТС; в таких случаях углубление барической депрессии над Черным морем и усиление континентального антициклона обуславливают сильные восточные и юго-восточные ветры над левобережьем Украины, а также и над территорией Киева. Однако антициклоны чаще перемещаются с запада, особенно летом и осенью. Они представляют собой ядра повышенного давления, отделившиеся от азорского антициклона; зачастую они проходят в тылу серии западных или юго-западных циклонов. Летом антициклоны нередко стационарируют над Европой, распространяя свои отроги к востоку, на Украину, в том числе и на Киев; 33% антициклонов возникает на месте.

В целом циклоническая деятельность над Украиной менее активна, нежели над центром и севером ЕТС.

Среднее атмосферное давление в циклонах на Украине около 1005 мбар. Местные циклоны характеризуются несколько более высоким давлением. Средняя скорость циклонов 35 км/ч, зимой — больше, летом — меньше. Среднее давление в антициклонах 1026 мбар. Антициклоническая циркуляция на Украине наблюдается в одном из двух-трех дней. К весне отроги и ядра азорского антициклона активизируются, что обуславливает теплую солнечную погоду. Признаком весны считают начало длительного выноса тепла со Средиземного и Черного морей.

Лето в целом характеризуется ослаблением адвекции, усилением роли радиационных и местных факторов климата. Интенсивные вторжения холода из Арктики практически отсутствуют. Погода в значительной мере определяется активностью азорского антициклона, обычно выражающейся в распространении к востоку его отрогов. Этот процесс обуславливает устойчивую сухую и теплую малооблачную погоду. Ливни с грозами, характерные для лета, отмечаются обычно на холодных фронтах при движении барических ложбин с северо-запада.

Нарушение летней циркуляции начинается в конце августа, когда активизируется циклоническая деятельность, увеличивается повторяемость северо-западных и западных циклонов; в сентябре уже начинаются интенсивные вторжения холода в их тылу. Осенью разрушаются отроги азорского антициклона; все чаще с востока распространяются отроги сибирского антициклона. Западные циклоны замедляются при приближении к отрогам континентального антициклона, и в переходной зоне возникает пасмурная погода с гололедом, туманами, морозящими осадками и частыми колебаниями температуры. Наступает предзимье, которое в Киеве обычно приходится на ноябрь. При дальнейшей активизации циклонической деятельности и холодных вторжений наступает зима.

Таким образом, главствующую роль в формировании погоды холодного периода и переходных сезонов в Киеве играют циркуляционные факторы; в теплый период, наоборот, радиационные факторы часто преобладают над циркуляционными.

### 3.1. Атмосферное давление

В среднем атмосферное давление на метеостанции Киев, обсерватория (высота 183 м над ур. м.) составляет 995 мбар, на станции Киев, Багринова гора (высота 167 м над ур. м.) — 996 мбар; давление, приведенное к уровню моря, равно 1017 мбар (средняя барическая ступень равна 8,2 м/мбар).

В течение года атмосферное давление существенно меняется в зависимости от характера атмосферной циркуляции и времени года. Более высокое давление отмечается в холодное полугодие в связи с распространением с востока и севера холодных вторжений воздуха в виде отрогов и гребней сибирского антициклона, уплотнением воздуха при понижении температуры, более низкое — в теплое полугодие в связи с общим прогревом атмосферы (рис. 7).

В годовом ходе в среднем максимум давления наступает в октябре — январе, минимум — в июне — июле (табл. 5).

Наиболее интенсивное увеличение среднего месячного давления происходит от июля к сентябрю, что связано с увеличиваю-

щей частотой распространения на Украину отрогов высокого давления с востока.

На Багриновой горе, расположенной ниже, чем обсерватория, среднее давление несколько выше, в отдельные месяцы — на 2,5—3,5 мбар.

В отдельные годы в годовом ходе обнаруживается частный минимум давления в феврале (рис. 7), связанный с активной циклонической деятельностью.

Амплитуда годового хода средних месячных значений давления составляет 9—10 мбар, а в отдельные годы может быть значительно больше. Абсолютный минимум давления отмечался за весь ряд на-

блюдений при прохождении глубокого северо-западного («ныряющего») циклона 21 февраля 1953 г.; давление за сутки понизилось на 25 мбар, опустившись на уровне моря до 967 мбар. В центрах ныряющих циклонов давление часто наблюдается выше 985 мбар. Абсолютный максимум давления 1034 мбар (на уровне моря 1061 мбар) наблюдался 23 января 1907 г. при распространении на Украину с востока гребня сибирского антициклона; колебания максимального давления незначительны; наименьший из максимумов составил 1030 мбар (15 июля 1904 г.).

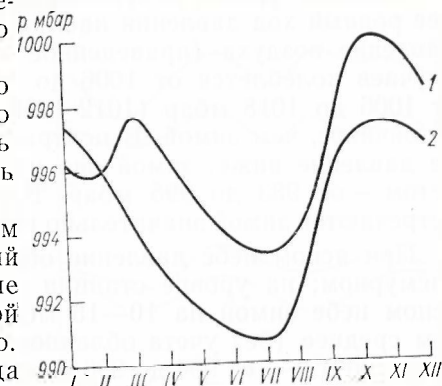


Рис. 7. Годовой ход среднего месячного атмосферного давления  $p$  (мбар) на уровне станции.  
1 — Киев, Багринова гора, 2 — Киев, обсерватория.

Таблица 5  
Атмосферное давление  $p$  (мбар)

Месяц	$\bar{p}$	$\bar{p}$ приведенное к уровню моря	$ p _{\text{мин}}$	$ p _{\text{макс}}$
I	997	1021	976	1061
II	996	1019	967	1051
III	994	1017	968	1048
IV	993	1015	980	1038
V	992	1015	981	1035
VI	991	1013	987	1034
VII	992	1012	986	1030
VIII	992	1014	984	1031
IX	996	1018	983	1037
X	997	1019	983	1045
XI	997	1020	976	1048
XII	997	1020	981	1056
Год	995	1017	967	1061

Особенно резкие изменения давления отмечаются зимой. Более ровный ход давления наблюдается летом. Среднее месячное давление воздуха (приведенное к уровню моря) почти в 70% случаев колеблется от 1006 до 1031 мбар (1018±12) зимой и от 1006 до 1018 мбар (1012±6) летом; летом давление более устойчивое, чем зимой. В центральной возвышенной части города давление ниже: зимой оно изменяется от 983 до 1000 мбар, летом — от 983 до 995 мбар. Верхние из указанных пределов встречаются зимой значительно реже, чем нижние.

При ясном небе давление обычно несколько выше, чем при пасмурном; на уровне станции среднее месячное давление при ясном небе зимой на 10—15 мбар, летом на 3—5 мбар выше, чем среднее (без учета облачности) и колеблется в узких пределах: летом — от 994 до 996 мбар, зимой — от 999 до 1012 мбар. При этом две трети случаев летом находятся в пределах 989—1001 мбар, зимой — 995—1015 мбар.

При ясном небе экстремальные значения давления приходятся на более узкие интервалы, чем при пасмурном; амплитуда этих значений зимой и весной достигает 35—42 мбар, а летом — 26—30 мбар, т. е. оказывается вдвое меньше, чем при пасмурном. Естественно, что и минимальные значения давления при ясном небе несколько выше, чем при пасмурном.

В суточном ходе (рис. 8) атмосферного давления отчетливо выражен утренний максимум — около 10—11 ч и послеполуденный минимум — после 16—18 ч. Летом экстремальные значения наступают примерно на час раньше, зимой — на час позже среднего. Обнаруживаются и вторичные, менее четкие, максимумы и минимумы: в 22—2 ч наблюдается вторичный максимум, в 3—5 ч — вторичный минимум. Амплитуда суточного хода среднего давления невелика, менее 2 мбар. Суточный ход давления более четко выражен летом.

Утренний (предполуденный) максимум атмосферного давления объясняется волной давления, обтекающей земной шар за зоной восхода солнца и началом развития конвекции. Этот максимум хорошо выражен весь год (рис. 8). Послеполуденный минимум давления связан с дневным прогревом воздуха и развитием облачности.

Зимой и осенью суточный ход давления несколько сглажен как при пасмурной погоде, так и при ясном небе, когда изменения в суточном ходе давления обычно перекрываются общим ростом давления (в антициклонах и гребнях).

При безоблачной погоде отчетливо выражен утренний максимум давления в 10 ч, особенно в ясные и тихие дни в октябре и апреле. В июне и июле в ясные дни максимум в суточном ходе давления наступает несколько раньше, в 7—8 ч. Минимум давления в ясные дни наступает в 16—18 ч; давление к ночи повышается.

Амплитуда суточных изменений давления в ясные дни, которые преимущественно обусловлены антициклонической ситуацией, нередко достигает 6—9 мбар; однако часто она перекрывается общим ростом давления или его понижением. Максимальные амплитуды суточных изменений давления при ясном небе составляют 8,8; 6,4, 8,4 и 9,3 мбар в марте, апреле, июле и октябре соответственно.

Зимой в ясные дни в январе обнаруживается основной минимум давления ночью и максимум около 10 ч утра. В переходные сезоны минимум смещается на начало ночи, а летом — на поздний вечер. При ясной погоде прослеживается четкий максимум давления в июле в 4—8 ч, в октябре и апреле в 9—11 ч.

Необходимо отметить, что изменение давления связано не столько с постоянно действующими астрономическими факторами, сколько именно с циклонической деятельностью, когда за сутки давление меняется на 10—20 мбар и более. Кроме упомянутого выше случая понижения давления на 25 мбар 21 февраля 1953 г., известен случай (27 января 1964 г.), когда давление при приближении глубокого циклона понизилось до 970 мбар, а затем на следующие сутки, в тылу циклона, поднялось до 1010 мбар, т. е. изменение составляло почти 40 мбар за сутки (рис. 9).

Во время быстрого движения (скорость более 50 км/ч) ныряющего циклона 28 октября 1969 г. давление в Киеве понизилось на 23 мбар. Понижение давления превысило 11 мбар за 3 ч впереди циклона, а рост давления в тылу циклона доходил до 15 мбар за 3 ч. Такие резкие колебания давления неблагоприятно сказываются на самочувствии людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Изменение давления, связанное с движением циклона, обычно сопровождается изменением всего комплекса характеристик

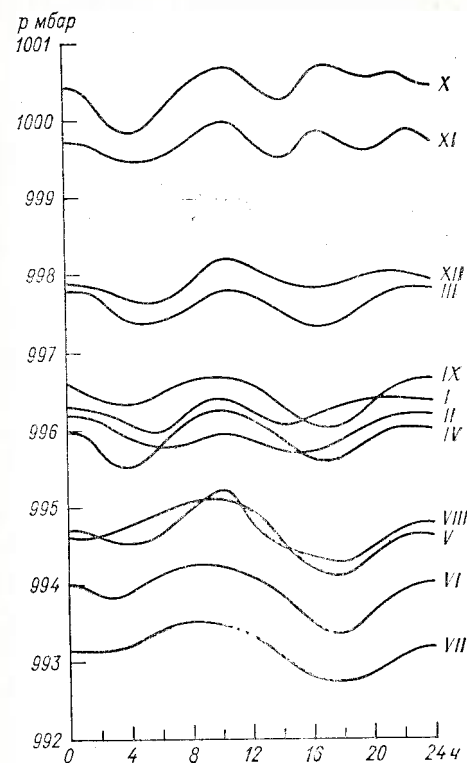


Рис. 8. Суточный ход среднего приземного атмосферного давления  $p$  (мбар). Киев, Багринова гора.

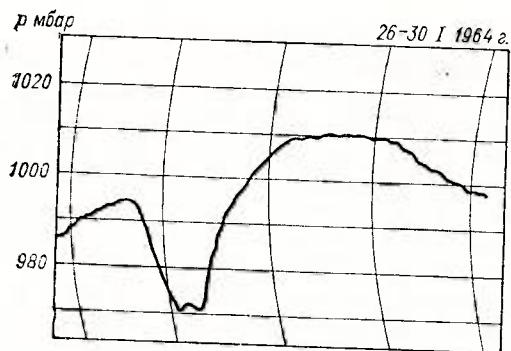


Рис. 9. Изменение атмосферного давления  $p$  (мбар). 26—30 января 1964 г.

ского градиента в тылу циклона достигала 17 мбар на 100 км. Итак, одной из особенностей климата города является существенное изменение атмосферного давления в течение года и суток.

При высотном строительстве в городе, сооружении высоких мачт и антенн, обслуживании авиации необходимы данные об атмосферном давлении на разных высотах. Известно, что давление с высотой убывает по логарифмическому закону в зависимости от вертикального распределения плотности воздуха. Если у земли среднее давление 996 мбар, то на высоте 500 м над ур. м. оно составляет 956 мбар, на высоте 1000 м над ур. м. — 900 мбар, на высоте 1500 м над ур. м. — 846 мбар (табл. 6).

Таблица 6

Среднее атмосферное давление (мбар) на разных высотах над поверхностью земли

Высота, м	I	II	III	IV	V	VI	VII
Уровень земли	995	995	996	996	994	993	993
330	954	954	955	956	956	955	955
830	896	896	897	900	901	900	901
1330	840	841	842	846	848	848	849

Высота, м	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Уровень земли	995	998	1000	997	998	996
330	966	958	959	957	957	956
830	902	903	902	900	899	900
1330	850	850	848	845	844	846

атмосферы, т. е. всей погоды. А это уже не безразлично не только для больных, но и для здоровых людей. В такие периоды наблюдаются изменения влажности и температуры, большие горизонтальные барические градиенты и сильные ветры. В упомянутом случае 28 октября 1969 г. максимальная величина горизонтального бариче-

В годовом ходе максимум давления с высотой смещается с осени (у земли) на конец лета (на высоте 2 км), минимум — с лета (у земли) на середину зимы (на высоте 2 км).

Средняя барическая ступень в нижнем 330-метровом слое составляет 12,2 мбар/100 м (40 мбар/330 м), или же 8,3 м/мбар. С увеличением высоты ее значение возрастает и в слое 1000—1600 м она равна уже 10,8 мбар/100 м, т. е. 9,3 м/мбар.

## 12. Ветер

Ветер представляет собой горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности и характеризуется скоростью и направлением, которые находятся в зависимости от величины барического градиента (разность давления, отнесенная к единице расстояния) и шероховатости подстилающей поверхности, т. е. определяются барическим полем, характерным для Украины.

В течение года в Киеве и его окрестностях преобладают западный и северо-западный ветры (табл. 7, рис. 10).

Таблица 7

Повторяемость (%) направления ветра и штилей. Год

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Немишево	11	10	9	13	12	14	14	17	15
Барисель, санаторий	12	6	6	10	13	12	19	22	32
Киев, Пуща-Водяца	9	11	8	14	12	12	17	16	35
Киев, Багрянова гора	12	8	7	15	12	10	17	19	7
Борисполь	12	10	9	14	11	14	13	17	6
Киев, обсерватория	13	11	12	13	8	10	16	17	11

В годовом ходе скоростей ветра в городе и его окрестностях (табл. 8) можно выделить два периода: холодный (октябрь — март) с повышенными скоростями ветра и теплый (май — сентябрь) с более слабыми ветрами. В центре города (Киев, обсерватория) средняя годовая скорость ветра равна 2,7 м/с, а за городом (Борисполь) — 4,2 м/с. Наибольшая месячная скорость отмечается в феврале (в городе 3,2 м/с, за городом 5,1 м/с), наименьшая — в августе (в городе 2,2 м/с, за городом 3,2 м/с).

Скорость ветра в городе по сезонам изменяется незначительно, но за городом зимой она почти в полтора раза выше, чем летом. Малые скорости обусловлены значительной плотностью застройки и пересеченностью местности.

Высокий уровень шероховатости поверхности в городе существенно изменяет структуру воздушных потоков и приводит к местному усилению или ослаблению скорости ветра.



Влияние города на скорость ветра хорошо прослеживается при сравнении данных наблюдений на защищенных и открытых пунктах (табл. 9). Кроме местной закрытости, на скорости ветра сказывается рельеф и высота станции над уровнем моря. Наиболее закрытой является станция Киев, обсерватория, окруженная высокими зданиями и деревьями. Станция Киев, Багринова

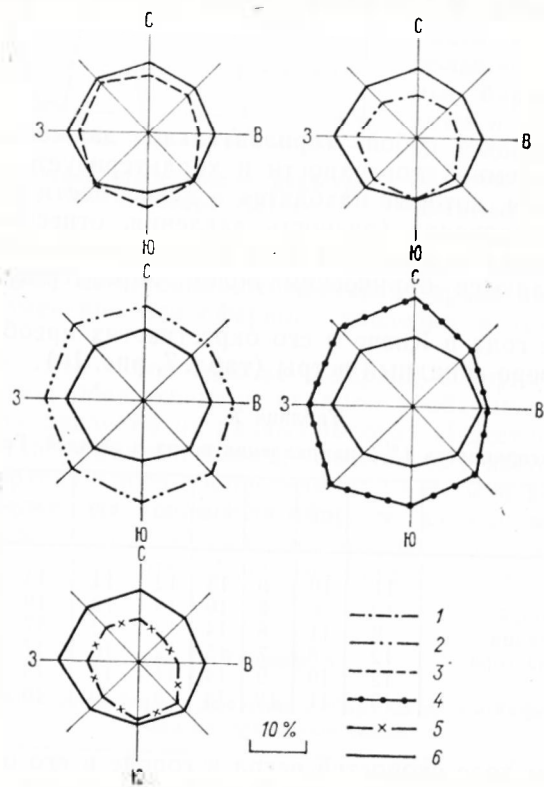


Рис. 10. Повторяемость (%) направления ветра. 1 — Киев, Пуца-Водица, 2 — Борисполь, 3 — Немешаево, 4 — Киев, Багринова гора, 5 — Ворзель, санаторий, 6 — Киев, обсерватория.

гора и станции, расположенные в окрестностях города, характеризуются меньшей защищенностью.

В центре города и близлежащих станциях среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) скорости ветра колеблется от 0,22 до 0,96 м/с с минимумом летом и максимумом зимой.

Наиболее часто (в городе 90%, за городом 74%) наблюдается скорость ветра до 5 м/с. Безветренная погода (0—1 м/с) в центре Киева бывает в два раза чаще, чем за городом.

Таблица 8  
Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Киев, обсерватория	3,1	3,1	3,0	2,7	2,6	3,1	2,0	2,1	2,1	2,4	3,0	3,0	2,7
Киев, санаторий	1,9	1,9	1,8	1,7	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8	1,6	1,8
Киев, Пуца-Водица	1,7	1,8	1,9	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	1,6	1,5
Киев, Багринова гора	4,9	5,0	4,8	4,1	4,0	3,8	3,5	3,3	3,7	3,9	4,6	4,6	4,2
Ворзель, санаторий	4,8	5,1	4,9	4,4	4,1	3,6	3,3	3,2	3,4	4,0	4,5	4,8	4,2
Борисполь	2,9	3,2	3,2	3,0	2,7	2,4	2,3	2,2	2,2	2,5	2,8	2,8	2,7

Таблица 9  
Средняя скорость ветра (м/с) по направлениям. Год

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Киев, обсерватория	2,5	2,4	2,2	2,8	3,2	3,2	3,0	3,0
Киев, санаторий	1,9	1,6	1,7	2,4	2,4	2,0	2,2	2,1
Киев, Пуца-Водица	1,9	1,9	1,8	2,4	2,5	2,5	2,6	2,2
Киев, Багринова гора	4,7	3,5	3,2	3,9	4,3	4,4	4,5	4,6
Ворзель, санаторий	4,1	3,7	3,8	4,2	4,3	4,3	4,6	4,5
Борисполь	3,1	2,8	2,9	2,8	2,6	3,0	3,5	3,2

Известно, что суточный ход скорости ветра хорошо выражен при ясной или малооблачной погоде. В Киеве такие условия наблюдаются с апреля по июнь. Небольшие колебания в суточном ходе ветра отмечаются в ноябре — феврале. В течение года скорость ветра ночью меньше, чем скорость ветра днем (табл. 10).

Таблица 10  
Средняя месячная и годовая скорость ветра (м/с) в различные часы суток

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Борисполь													
1	4,7	4,9	4,7	3,6	3,1	2,6	2,3	2,5	2,8	3,6	4,3	4,8	3,7
7	4,8	4,9	4,9	4,3	4,0	3,5	3,1	3,0	3,1	3,6	4,4	4,6	4,0
13	5,2	5,8	5,6	6,0	5,5	5,1	4,8	4,7	5,2	5,4	5,1	5,2	5,3
19	4,7	4,9	4,5	3,9	3,7	3,3	2,9	2,7	2,6	3,4	4,2	4,6	3,8
Киев, обсерватория													
1	2,7	3,0	2,9	2,4	2,1	1,9	1,7	1,8	1,9	2,2	2,5	2,7	2,3
7	2,9	3,0	2,8	2,6	2,5	2,0	1,9	1,9	1,8	2,2	2,7	2,7	2,4
13	3,1	3,7	3,9	4,0	3,8	3,4	3,2	3,0	3,3	3,3	3,1	2,9	3,4
19	3,0	3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	2,4	2,8	2,9	2,6

Для получения средней скорости ветра в отдельные часы можно воспользоваться рис. 11. Максимальной средней суточной скорости ветер достигает зимой (табл. 11).

Сильные ( $\geq 15$  м/с) и штормовые ветры наносят большой ущерб народному хозяйству: валят опоры линий связи, деревья, обрывают провода на линиях электропередачи, затрудняют работу городского транспорта и авиации и т. д.

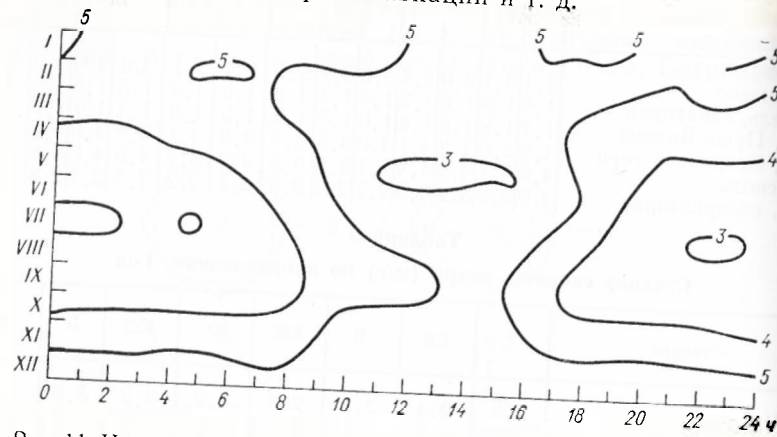


Рис. 11. Изоплеты суточного хода скорости ветра (м/с). Киев, АМСГ.

Таблица 11

Максимальная средняя суточная скорость ветра (м/с)

Месяц	$v_{\text{макс}}$	Год	Месяц	$v_{\text{макс}}$	Год
I	18,2	1966	VIII	7,9	1966
II	11,5	1953	IX	12,8	1952
III	12,2	1946	X	10,2	1956
IV	9,5	1958	XI	8,8	1948
V	9,0	1946	XII	15,5	1955
VI	9,0	1947	Год	18,2	1966
VII	7,2	1952			

От года к году повторяемость сильного ветра значительно изменяется. Среднее квадратическое отклонение числа дней с сильным ветром составляет 7—8 дней. Наибольшее число дней с сильным ветром наблюдается в феврале и марте, наименьшее — в сентябре (табл. 12).

Наибольшая повторяемость числа дней с сильным ветром приходится на дневные часы (10—14), к концу дня и ночью ветер ослабевает. Средняя продолжительность ветра со скоростью 15 м/с и более составляет 3,8 ч, среднее квадратическое отклонение равно 2,1 ч. Иногда сильный ветер продолжается сутки и более (табл. 13). В табл. 14 приведены данные о максимальной скорости ветра по направлениям.

При расчете ветровых нагрузок на различные сооружения и решении других прикладных задач используются расчетные скорости, возможные один раз в год, 5, 10, 15 и 20 лет. Они вычисляются по методу, предложенному Д. В. Апапольской и Л. С. Ганшиным [7], с помощью специального графика (рис. 12). Следует отметить, что максимальные скорости ветра могут превышать 30 м/с. Такие скорости наблюдались 28 октября 1969 г. при прохождении ныряющего циклона.

Используя расчетные скорости ветра (табл. 15, 16), можно определить величины нагрузок. А. А. Цвид [10] показал, что активные нагрузки на препятствие создают ветры, составляющие с препятствием угол  $45^\circ$  и более. Например, на стену, расположенную на западе, оказывают действие не только западные, но и северо-западные и юго-западные ветры.

По расчетным скоростям ветра  $v$  (м/с), возможным один раз в пять лет, по формуле  $q = v^2/16$  рассчитаны ветровые нагрузки  $q$  (кг/м<sup>2</sup>) (табл. 17).

По рекомендациям, составленным М. В. Завариной и В. Г. Глуховым [37], рассчитывают гололедно-изморозевые нагрузки на провода и другие элементы сооружений при сильном ветре, представляющие особую опасность.

Таблица 12

Число дней  $n$  с сильным ветром ( $\geq 15$  м/с)

Месяц	$\bar{n}$	$n_{\text{мин}}$	Месяц	$\bar{n}$	$n_{\text{макс}}$
I	1,0	7	VIII	0,6	2
II	1,3	0	IX	0,3	2
III	1,7	0	X	0,7	3
IV	1,1	0	XI	0,3	4
V	1,2	4	XII	0,6	7
VI	0,9	4	Год	10,7	37
VII	0,7	2			

Повторяемость 1 раз в

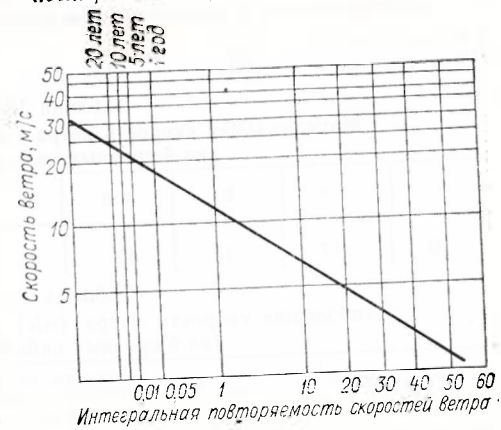


Рис. 12. Интегральная кривая наибольшей скорости ветра (м/с) различной повторяемости (%) выше указанных пределов.

Повторяемость  $P$  сильного ветра различной продолжительности  $t$

$P$	<3	3-6	6-12	12-24	24-36
$t$	62	18	14	5	1

Таблица 13

Максимальная скорость ветра (м/с) по направлениям (из 4-срочных наблюдений)

С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
20	17	17	17	15	16	20	20

Таблица 14

Наибольшие скорости ветра (м/с) различной вероятности (из 4-срочных наблюдений)

Станция	Скорости, возможные один раз в				
	год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
Борисполь Киев, observa- тория	18	20	21	22	23
	17	21	22	23	24

Таблица 15

Наибольшие скорости ветра (м/с) различной вероятности по направлениям (из 4-срочных наблюдений)

Направление ветра	Скорости, возможные один раз в				
	1 год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
С	12	15	17	18	19
СВ	11	15	16	18	18
В	12	14	16	16	17
ЮВ	12	14	16	16	17
Ю	9	12	14	14	18
ЮЗ	11	15	16	14	15
З	13	16	19	18	18
СЗ	14	17	21	21	22
				23	24

Таблица 16

Ветровые нагрузки (кг/см<sup>2</sup>) при различных направлениях ветра

Направление ветра	Ветровые нагрузки, возможные один раз в				
	1 год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
С	9	14	18	20	23
СВ	8	14	16	20	20
В	9	12	16	20	20
ЮВ	9	12	16	16	18
Ю	5	9	12	16	20
ЮЗ	8	14	16	12	14
З	11	16	16	20	20
СЗ	12	18	23	28	30
			28	33	36

Таблица 17

## ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

### 1. Температура воздуха

Температура воздуха является одним из основных метеорологических элементов. Все явления и процессы, происходящие в органическом и неорганическом мире, непосредственно обуславливаются термическими условиями окружающей среды. Кроме того, температура воздуха определяет характер и режим погоды.

Термический режим Украины, в том числе и Киева, формируется под действием особенностей атмосферной циркуляции, радиационных факторов климата и подстилающей поверхности. Влияние каждого из них в течение года неодинаково. В зимний сезон существенное влияние на температурный режим оказывает атмосферная циркуляция и связанная с ней адвекция воздуха. В теплое время года термический режим в основном определяется радиационными факторами, наряду с которыми значительное влияние оказывает также и подстилающая поверхность.

**Средняя месячная температура воздуха.** Одной из климатических характеристик, отражающих физико-географические особенности того или иного района, является средняя месячная температура воздуха.

В Киеве наиболее низкая средняя месячная температура воздуха ( $-6,0^{\circ}\text{C}$ ) наблюдается в январе (табл. 18). Февраль по температурному режиму мало отличается от января (на  $1^{\circ}\text{C}$ ), так как циркуляционные и радиационные факторы этих месяцев близки между собой. Однако в отдельные годы январь часто бывает теплее или значительно холоднее февраля. Так, например, в 1895, 1911, 1921, 1929, 1932, 1936, 1948, 1956 гг. средняя месячная температура в январе была выше, чем в феврале, на  $3^{\circ}\text{C}$  и более, в то время как в 1894, 1896, 1904, 1914, 1923, 1935, 1941, 1942, 1943, 1963, 1972, 1973, 1974 гг. ниже на  $6-8^{\circ}\text{C}$ , а в 1951 г. — на  $11^{\circ}\text{C}$ .

Из табл. 19 хорошо видно, на сколько градусов температура воздуха повышается или понижается от месяца к месяцу. Так, в 56% всех лет февраль был теплее января, а в 44% — холоднее.

Таблица 18

Средняя месячная температура воздуха  $t$  (°C)

Месяц	$t_{\text{наиб}}$	Год	$\bar{t}$	$\sigma$	$t_{\text{наим}}$	Год
I	0,4	1936	-6,0	3,6	-15,0	1942
II	1,5	1925	-5,0	3,2	-15,9	1929
III	4,8	1921	-0,4	2,6	-6,9	1942
IV	12,9	1950	7,6	2,2	2,0	1925
V	18,2	1963	14,7	1,9	10,4	1919
VI	22,2	1964	17,9	1,8	14,3	1928
VII	25,5	1936	19,6	1,6	16,9	1935
VIII	22,8	1946	18,7	1,6	15,5	1926
IX	18,4	1909	14,0	1,9	10,2	1894
X	12,4	1935	7,6	2,1	2,2	1920
XI	6,1	1926	1,4	2,4	-3,7	1902
XII	2,8	1960	-3,3	2,6	-11,9	1890
Год	9,7	1975	7,2	0,9	5,1	1912

Примечание. Здесь и во всех последующих таблицах следует читать.

Таблица 19  
Повторяемость (%) изменения средней температуры воздуха от месяца к месяцу

Температура, °C		II-I		III-II		IV-III		V-IV		VI-V		VII-VI	
от	до	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
0,0	2,0	15,9	23,2	15,9	2,4			3,7	19,5	11,0	39,0		
2,1	4,0	18,3	9,8	26,8	1,2			7,3	26,8		29,3	11,0	
4,1	6,0	14,6	4,9	20,7		3,7		28,1	30,5		11,0		7,3
6,1	8,0	6,1	2,4	18,3		19,5		30,5	11,0		2,4		
8,1	10,0	2,4	1,2	9,8		31,7		18,3	1,2				
10,1	12,0			3,7		14,6		8,5					
12,1	14,0	1,2		1,2		1,2		2,4					
14,1	16,0							1,2					

Температура, °C		VIII-VII		IX-VIII		X-IX	XI-X	XII-XI		I-XII	
от	до	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
0,0	2,0	29,3	41,4	1,2	6,1	3,7	4,9				
2,1	4,0	3,7	23,2		24,4	13,4	19,5				
4,1	6,0		1,2		47,6	34,1	25,6				
6,1	8,0				17,1	30,5	24,4	4,9	13,4	11,0	28,0
8,1	10,0		1,2		2,4	11,0	13,4		30,5	9,8	12,2
10,1	12,0				1,2	6,1	8,5		23,2	2,4	17,1
12,1	14,0					1,2	3,7		9,7		9,8
14,1	16,0								7,4		7,3
									9,8		1,2
									1,1		1,2

Примечание. Плюс (+) и минус (-) означают, что температура воздуха повышается или понижается по сравнению с предыдущим месяцем.

С февраля температура начинает медленно повышаться. В среднем температура в марте бывает выше, чем в феврале, на 1°C. Следует отметить, что в 1904 и 1952 гг. температура в марте была ниже (на 1—3°C) по сравнению с температурой февраля. С увеличением прихода солнечной радиации происходит заметный рост температуры. В годовом ходе наиболее интенсивное повышение отмечается от марта к апрелю (на 8°C) и от апреля к маю (на 7°C). В дальнейшем нарастание температуры воздуха от месяца к месяцу происходит постепенно.

Повышение температуры воздуха следует за годовым ходом притока солнечной радиации, но несколько запаздывает по сравнению с ним. Наиболее высокая температура (19,6°C) приходится не на июнь (в период максимального притока радиации), а на июль.

От июля к августу начинается медленный спад температуры. Однако в 34% лет август бывает теплее июля (табл. 19). В 1929 г. август был теплее июля на 4°C. Значительное понижение температуры начинается с сентября. От сентября к октябрю температура понижается на 6,4°C, а от октября к ноябрю на 6,2°C (см. табл. 18). В декабре температура уже отрицательная (-3,3°C). Следует отметить, что средняя месячная температура с апреля по ноябрь выше 0°, а с мая по сентябрь выше 10°C.

На окраине города и в пригородной зоне средняя температура воздуха ниже (на 0,5—1,0°C), чем в городе.

Годовая амплитуда (разность между средней температурой самого теплого и самого холодного месяцев) в Киеве составляет 25°C.

Величины отклонений температуры от средней наиболее значительны зимой. В аномально холодные годы они могут достигать 10—12°C, а в аномально теплые — 4—6°C.

Летом ход средней месячной температуры воздуха более устойчив. Отклонения от средней могут составлять 4—6°C. В переходные сезоны они, как и зимой, велики.

Изменчивость средней месячной температуры воздуха характеризуется наибольшими значениями в зимние месяцы (до 3...4°), весной она уменьшается, летом достигает наименьших значений (менее 2°), а осенью вновь возрастает (см. табл. 18).

Таким образом, изменчивость температуры воздуха имеет хорошо выраженный годовой ход, который находится в обратной зависимости от количества поступающей солнечной радиации. От января к июлю, когда приток солнечной радиации увеличивается, изменчивость температуры воздуха постепенно уменьшается и, наоборот, с уменьшением притока солнечной радиации от августа к декабрю она возрастает. Среднюю температуру воздуха для каждого месяца заданной вероятности можно определить с помощью рис. 13. Температура воздуха

—5°C и ниже 50%-ной вероятности отмечается с 20 декабря до конца февраля. Вероятность более низких температур ( $\leq -10^\circ\text{C}$ ) в это же время составляет 10%. С конца мая до конца августа наблюдается температура 20°C и выше, по различной вероятности: в середине июля вероятность такой температур составляет 40%, а в начале июня и в конце августа — 10%.

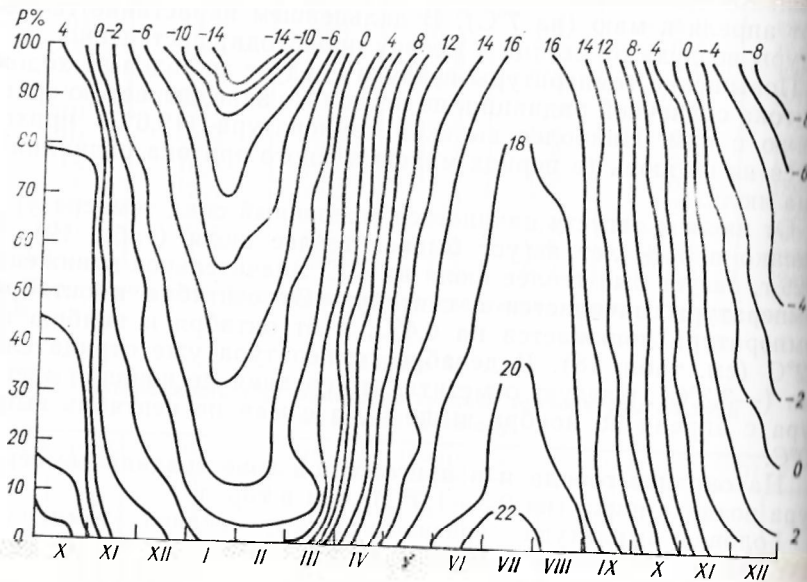


Рис. 13. Изоплеты средней месячной температуры воздуха (°C) различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

**Средняя суточная температура воздуха.** При обслуживании городского хозяйства и в повседневной деятельности человека весьма важно знать средние суточные температуры воздуха [6, 67].

Наиболее низкая средняя суточная температура наблюдается с 1 января по 21 февраля (см. приложение). В период с 8 января по 1 февраля она понижается до  $-6,0^\circ\text{C}$  и ниже. Самая низкая средняя суточная температура ( $-7,2^\circ\text{C}$ ) приходится в среднем многолетнем на 25 января.

С 22 февраля средняя суточная температура начинает повышаться и 21 марта становится положительной. Средняя суточная температура воздуха 20°C и выше отмечается с 8 июля по 11 августа. Самая высокая средняя суточная температура ( $20,7^\circ\text{C}$ ) наблюдается в среднем многолетнем 16 июля.

С 12 августа начинается понижение температуры в связи с заметным уменьшением продолжительности дня и высоты солнца, и 21 ноября средняя суточная температура становится отрицательной.

Следует обратить внимание на тот факт, что на общем равномерном фоне понижения и повышения в годовом ходе температуры обнаруживаются определенные даты с аномальными выбросами средней суточной температуры воздуха. Так, например, в январе повышение температуры отмечается с 4 по 11, 13, 15, 18, 21, 22, а в июле понижение 6, 7, 20, 26—28 и т. д. Это говорит о повторяемости аномальных синоптических процессов в эти дни.

В течение месяца средняя суточная температура воздуха находится в довольно широких пределах. Разности между самыми высокими и самыми низкими средними суточными температурами каждого месяца достигают наибольших значений зимой и осенью. Так, в апреле в среднем температура воздуха за отдельные сутки колеблется от  $3,2$  (1 апреля) до  $12,2^\circ\text{C}$  (31 апреля), в марте — от  $-2,7$  (1 марта) до  $3,2^\circ\text{C}$  (31 марта), в мае — от  $12,7$  (3 мая) до  $17,0^\circ\text{C}$  (31 мая). В осенние месяцы средняя суточная температура понижается от  $16,9$  (1 сентября) до  $11,2^\circ\text{C}$  (30 сентября), от  $11,0$  (2 октября) до  $4,6^\circ\text{C}$  (31 октября), от  $4,5$  (1 ноября) до  $-1,3^\circ\text{C}$  (28 ноября). Колебания средней суточной температуры воздуха весной — от  $20^\circ\text{C}$ , осенью —  $18,0^\circ\text{C}$ .

В отдельные годы амплитуда между крайними суточными температурами в марте достигала  $35,0^\circ\text{C}$ , а суточная температура изменялась от  $-20,2$  (7 марта 1964 г.) до  $15,3^\circ\text{C}$  (31 марта 1964 г.), в апреле она изменялась от  $-6,4$  (1 апреля 1923 г.) до  $29,0^\circ\text{C}$  (23 апреля 1950 г.), т. е. амплитуда составляла  $29,0^\circ\text{C}$ . Аналогичная картина наблюдается и в осенние месяцы.

В летние и зимние месяцы разность между наиболее теплыми и наиболее холодными сутками не превышает  $3,0^\circ\text{C}$ . В июле отмечается наименьшая разность ( $1,6^\circ\text{C}$ ) и колеблется от  $19,1$  до  $20,7^\circ\text{C}$  (16 июля). Однако в отдельные годы летом средняя суточная температура может изменяться в больших пределах. В июне — от  $4,8$  (4 июня 1933 г.) до  $28,6^\circ\text{C}$  (19 июня 1933 г.), в июле — от  $10,5$  (5 июля 1893 г.) до  $30,4^\circ\text{C}$  (29 июля 1893 г.), а в августе — от  $8,3$  (30 августа 1966 г.) до  $30,8^\circ\text{C}$  (30 августа 1946 г.).

Из трех зимних месяцев наибольших колебаний ( $3,9^\circ\text{C}$ ) средняя суточная температура достигает в декабре и изменяется от  $-1,1$  (31 декабря) до  $-0,9^\circ\text{C}$  (1, 2 декабря), в январе и феврале — от  $-7,2$  (25 января) до  $-4,8^\circ\text{C}$  (4, 5 января) и от  $-3,2$  (1 февраля) до  $-3,2^\circ\text{C}$  (28 февраля).

В отдельные годы разность между экстремально теплыми и холодными сутками месяца зимой превышает  $35,0^\circ\text{C}$ . Так, в январе она колеблется от  $-26,1$  (31 декабря 1895 г.) до  $10,5^\circ\text{C}$  (1 января 1903 г.). Из всех суточных значений температуры воздуха (30317 наблюдений), отмеченных в Киеве в течение 100-летнего периода наблюдений, самая низкая средняя суточная

температура воздуха составляла  $-28,6^{\circ}\text{C}$  (10 января 1940 г.) а самая высокая  $30,8^{\circ}\text{C}$  (20 августа 1946 г.).

Наибольшая изменчивость средней суточной температуры воздуха отмечается в зимние месяцы ( $\sigma=3,6\text{--}6,9^{\circ}\text{C}$ ), весной она уменьшается, летом достигает наименьших значений ( $1\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ), а осенью вновь возрастает.

В зависимости от характера циркуляции средняя суточная температура воздуха в отдельные годы отклоняется от средней в больших пределах. Особенно значительны эти отклонения зимой. В аномально холодные годы они могут достигать отдельные дни  $20^{\circ}\text{C}$  и более, в аномально теплые — не превышают  $10^{\circ}\text{C}$ . Так, 6 января 1935 г. средняя суточная температура была ниже многолетней на  $23,6^{\circ}\text{C}$ .

Летом ход средней суточной температуры воздуха более устойчив и отклонение составляет всего  $12^{\circ}\text{C}$  как в аномально теплые, так и в аномально холодные годы.

В переходные сезоны величины отклонений весьма значительны. Однако крайние значения средних суточных температур встречаются весьма редко (около 1% лет).

Средняя суточная температура воздуха от одного дня к другому в течение всего года меняется мало (см. приложение). В большинстве случаев (283 дня) в среднем температура соседних суток отличается не более чем на  $0,5^{\circ}\text{C}$ , в 43 случаях температура остается без изменения, в 39 случаях изменение достигает  $1,0^{\circ}\text{C}$ .

Если же рассчитать за отдельные годы разность температур смежных суток, то окажется, что средняя междусуточная изменчивость температуры воздуха в зимнее время наибольшая (в январе  $2,7$ , в феврале  $2,5^{\circ}\text{C}$ ). В летнее время ослабление циклонической деятельности обуславливает уменьшение междусуточной изменчивости. В июле—сентябре она равна  $1,9^{\circ}\text{C}$ , в остальные месяцы колеблется от  $2,0$  до  $2,2^{\circ}\text{C}$ .

**Суточный ход и суточная амплитуда температуры воздуха.** Суточный ход температуры воздуха в значительной мере определяется ходом радиационного баланса Земли в данном месяце, который в свою очередь зависит от высоты солнца над горизонтом, продолжительности дня и т. д.

От восхода солнца и до 12 ч обычно температура воздуха быстро повышается (рис. 14); затем наблюдается ее замедленный рост. Максимальных же значений температура воздуха достигает в 13—15 ч [48]. Минимум отмечается перед восходом солнца. Поэтому в зимние месяцы наиболее низкие температуры приходится на 6—7 ч, в переходные сезоны минимум смещается на более ранние часы (5—6 ч), а в мае—июле самые низкие температуры в течение суток отмечаются около 4—5 ч.

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха в период с ноября по февраль составляет  $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ . Затем она начинает возрастать и к весне вследствие увеличения дневной инсоляции

становится уже  $6^{\circ}\text{C}$ , а наибольшие величины ( $>8^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются в июне—августе. В сентябре суточная амплитуда уменьшается из-за большого притока тепла из почвы и сглаженного хода эффективного излучения; в декабре, когда преобладает пасмурная погода, ее значение оказывается минимальным (около  $2^{\circ}\text{C}$ ).

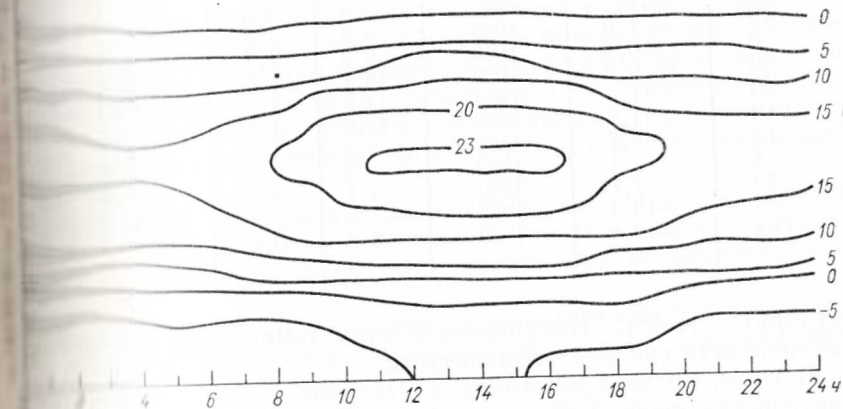


Рис. 14. Суточный ход температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Величина амплитуды температуры воздуха, как известно, зависит от характера погоды. При тихой и ясной погоде суточная амплитуда почти в два раза больше, чем при пасмурной погоде.

**Минимальная температура воздуха.** Низкие значения минимальной температуры воздуха наблюдаются при вторжении арктического воздуха, который вследствие высокой влажности и большой прозрачности подвергается дальнейшему радиационному выхолаживанию. На величину минимальной температуры оказывают влияние местные условия (широта, высота, подстилающая поверхность). Так, в центре города температура может быть ниже (до  $1^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению с окрестностями.

Суточный минимум имеет отрицательные значения с ноября по март (табл. 20). Наиболее низкие значения ( $-8,6^{\circ}\text{C}$ ) наблюдаются в январе, наиболее высокие — в июле ( $14,9^{\circ}\text{C}$ ). Были случаи, когда средний минимум положительный даже в августе (1911 г.), ноябре (1926 г.), декабре (1960 г.), в то же время он может быть отрицательным в апреле (1929 г.), мае (1930 г.), октябре (1920 г.).

Значения среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) среднего минимума температуры воздуха в холодный период (ноябрь—март) равны  $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$ , а в теплый период (апрель—

Таблица 20

Средний минимум температуры воздуха  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Месяц	$T_{\text{наим}}$	Год	$\bar{T}$	$\sigma$	$T_{\text{наиб}}$	Год
I	-18,5	1942	-8,6	4,0	-1,4	1900
II	-19,8	1929	-8,0	3,8	-0,6	1929
III	-11,2	1942	-3,3	2,8	1,0	1914
IV	-1,0	1929	3,6	1,8	8,3	1914
V	-6,4	1918	9,8	1,7	13,6	1900
VI	9,8	1928	13,1	1,6	17,2	1901
VII	11,8	1904	14,9	1,2	19,0	1930
VIII	11,2	1899	14,0	1,3	17,5	1920
IX	6,7	1894	9,6	1,5	13,4	1937
X	-2,1	1920	4,2	1,9	8,4	1916
XI	-7,1	1902	-1,1	2,5	3,5	1929
XII	-12,4	1927	-5,6	2,9	1,1	1900
Год	-19,8	1929	3,6	0,9	19,0	1930

октябрь) —  $-1-2^{\circ}\text{C}$ . Изменчивость этих температур аналогична изменчивости средней температуры.

В годы, когда происходит длительное вторжение холодных арктических масс, наблюдаются наиболее низкие абсолютные минимумы. Абсолютный минимум в большей степени, чем средний, зависит от характера подстилающей поверхности. На окраинах и в пригородных районах значения абсолютного минимума ниже на  $3-4^{\circ}\text{C}$ , чем в городе.

Абсолютный минимум имеет отрицательные значения с сентября по май (табл. 21). В июне—августе он всегда положительный.

Таблица 21

Абсолютный минимум температуры воздуха  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Месяц	$T_{\text{наим}}$	Год	$\bar{T}$	$\sigma$	$T_{\text{наиб}}$	Год
I	-31,1	1950	-19,9	5,4	-8,0	1890
II	-32,2	1929	-18,6	5,1	-4,0	1914
III	-24,9	1964	-12,6	5,1	-2,2	1912
IV	-10,4	1931	-3,1	2,5	3,1	1920
V	-2,4	1900	2,5	2,6	9,9	1897
VI	2,4	1930	6,9	2,3	13,9	1901
VII	5,8	1904	10,1	1,5	14,0	1930
VIII	4,6	1914	8,8	1,6	12,3	1938
IX	-2,5	1902	2,8	2,2	7,5	1937
X	-17,8	1920	-3,2	3,0	1,6	1935
XI	-21,9	1890	-9,9	4,6	-1,6	1917
XII	-30,0	1895	-15,6	5,1	-1,9	1960
Год	-32,2	1929	-22,6	3,9	14,0	1930

Самые низкие абсолютные минимумы ( $\leq -30^{\circ}\text{C}$ ) отмечаются в декабре—феврале в наиболее суровые зимы 1929, 1950, 1964 гг. Рекордный абсолютный минимум зарегистрирован 7 и 9 февраля 1929 г. ( $-32,2^{\circ}\text{C}$ ). В марте минимальная температура воздуха может понижаться до  $-25^{\circ}\text{C}$  (1964 г.).

Наиболее высокое значение месячного абсолютного минимума бывает в июле ( $6^{\circ}\text{C}$ ). В сентябре и октябре абсолютный минимум уже становится отрицательным. Резкое понижение температуры воздуха в это время наносит большой ущерб городскому хозяйству и в первую очередь пригородному сельскому хозяйству, повреждая овощные и другие культуры. Особенно низкий минимум ( $-17,8^{\circ}\text{C}$ ) наблюдался 31 октября 1920 г. Годовой изменчивость абсолютного минимума характеризуется наибольшими значениями ( $\sigma=5^{\circ}\text{C}$ ), летом—наименьшими ( $\sigma=1^{\circ}\text{C}$ ).

Средний из абсолютных минимумов дает представление о величине абсолютного минимума, который можно ожидать в среднем, и имеет годовой ход, аналогичный абсолютному минимуму.

Частоту появления абсолютного минимума любой вероятности в течение года можно определить по рис. 15. Так, минимум

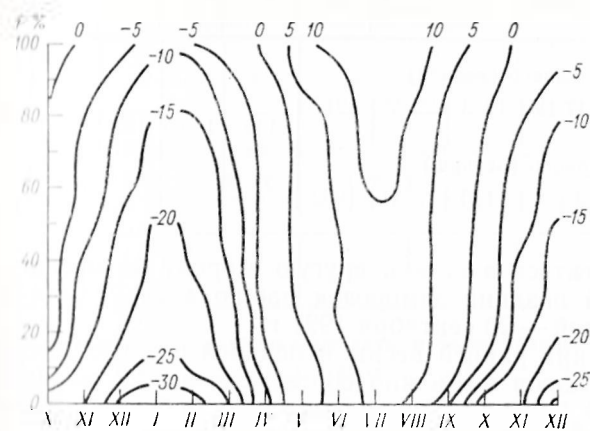


Рис. 15. Изоплеты абсолютного минимума температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) различной вероятности  $P$  (%) ниже указанных пределов.

$-10^{\circ}\text{C}$  и ниже вероятностью  $75-80\%$  отмечается с середины декабря до середины февраля. С января до середины февраля вероятность абсолютного минимума  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже равна  $15-30\%$ . Могут наблюдаться и более низкие температуры ( $-25^{\circ}\text{C}$  и  $-30^{\circ}\text{C}$ ), их вероятность соответственно равна  $15$  и  $5\%$ . В марте—октябре почти в  $50\%$  абсолютный минимум

выше 0°C. В начале и конце этого периода могут отмечаться минимумы -5, -10°C.

**Заморозки**<sup>1</sup>. Заморозком принято называть понижение температуры воздуха или почвы до 0°C и ниже при установившемся режиме положительной температуры. Часть года, в течение которой заморозки не наблюдаются, называется безморозным периодом. Заморозок образуется обычно ночью или в ранние утренние часы при ясной тихой погоде. Понижение температуры возможно и в другое время суток при общем похолодании. Заморозки отмечаются в основном в переходные сезоны.

В Киеве на возвышенной части города, достаточно защищенной, где расположена опорная метеостанция, средняя продолжительность безморозного периода составляет 182 дня. При этом последний заморозок обычно наблюдается 17 апреля, первый — 16 октября (табл. 22). В отдельные годы эти даты

Таблица 22

Даты первого и последнего заморозка и продолжительность  $\tau$  (дни) безморозного периода

Дата заморозка						$\tau_{\text{набл}}$	Год	$\bar{\tau}$	$\sigma$	$\tau_{\text{наб}}$	Год
самая ранняя	год	средняя	$\sigma$	самая поздняя	год						
Последнего (весной)						146	1902	182	15,3	215	1917
23 III	1951	17 IV	13,3	22 V	1917						
Первого (осенью)						20 IX	1921	16 X	11,0	12 XI	1932
20 IX	1921	16 X	11,0	12 XI	1932						

могут сдвигаться в ту или другую сторону на месяц и больше. Так, самый поздний заморозок наблюдался 22 мая 1917 г., а самый ранний — 20 сентября 1921 г.

В условиях ранней весны и поздней осени окончание и начало заморозков возможно соответственно 22 марта (1973 г.) и 12 ноября (1923 г.). Продолжительность безморозного периода может колебаться от 147 (1912 г.) до 215 дней (1932 г.).

Известно, что в самом городе продолжительность безморозного периода на 10—15 дней больше, чем на его окраинах и в пригороде. При этом окончание заморозка весной наступает на 5—7 дней раньше, а его начало осенью — на 7—10 дней позже. Сравнивая данные метеостанций, находящиеся внутри города (обсерватория, Багринова гора, Батыева гора, Пушча-Водица), с данными станций, расположенных за городом (Борисполь, Чабаны, Немешаево, Ворзель, санаторий), можно видеть подтверждение этих закономерностей.

<sup>1</sup> Эта часть раздела подготовлена А. В. Шаповичем и М. П. Ткаченко.

Почти во всех случаях условия города (Киев, обсерватория) отличаются от условий загородной зоны (Борисполь) более продолжительным безморозным периодом с более ранними весенними и более поздними осенними заморозками. Аналогичная картина наблюдается при сравнении данных по городу с данными станций Чабаны и Немешаево, расположенных в условиях защищенной местности, и лишь в курортном лесопарке Ворзель безморозный период оказался на целый месяц продолжительнее, чем в городе. В противоположность этому в лесопарке Пушча-Водица безморозный период короче, чем в центре города. Вызывается это различными микроклиматическими условиями расположения метеостанции: в Ворзеле — это микроклимат леса, в Пушче-Водице — микроклимат лесной поляны. Для практических целей важно знать вероятность начала появления заморозков в отдельные годы, особенно в конце средних дат осенью и позже весной. Эта вероятность зависит от степени морозоопасности участков города и его окрестностей, которая характеризуется средними многолетними данными. Такие данные приведены в табл. 23. Они справедливы

Таблица 23

Даты первого и последнего заморозка различной вероятности

Вероятность появления заморозка, %						
5	10	25	50	75	90	95
Первого в указанные даты и более ранние						
11 IX	19 IX	25 IX	4 X	15 X	27 X	3 XI
21 IX	29 IX	5 X	14 X	25 X	6 XI	13 XI
95	90	75	50	25	10	5
Последнего в указанные даты и более поздние						
30 III	2 IV	8 IV	16 IV	24 IV	2 V	9 V
9 IV	12 IV	18 IV	26 IV	4 V	12 V	19 V

для равнинной территории северо-западной части Украины, в том числе для Киева и его пригородов. В таблице приведены средние даты первого и последнего заморозков, а также физико-географические особенности рассматриваемого района; наличие двух дат свидетельствует о заметной изменчивости начала и окончания заморозков и продолжительности безморозного периода даже на такой сравнительно небольшой территории.

**Максимальная температура воздуха.** Максимальная температура воздуха характеризует дневную и наиболее теплую



часть суток. Она обычно бывает около 14—15 ч. В это время наблюдается наиболее интенсивное турбулентное перемещение воздуха, благодаря чему влияние микроклиматических ловий города на максимальную температуру сказывается в меньшей степени, чем на среднюю и минимальную температуру. Средняя максимальная температура воздуха с декабря по февраль имеет отрицательные значения (табл. 24). Наибо-

Таблица 24  
Средний максимум температуры воздуха  $t$  (°C)

Месяц	$T_{\text{наиб}}$	Год	$\bar{T}$	$\sigma$	$T_{\text{наим}}$	Год
I	2,6	1936	-3,2	3,3	-11,6	1942
II	4,0	1925	-2,0	2,9	-12,1	1929
III	9,9	1921	3,2	2,7	-2,2	1942
IV	18,3	1920	12,2	2,7	6,4	1929
V	24,5	1906	20,3	2,1	15,3	1919
VI	28,1	1964	23,6	2,1	19,2	1942
VII	32,1	1936	25,6	1,8	22,3	1933
VIII	30,0	1946	24,5	2,0	20,3	1946
IX	25,1	1909	19,5	2,2	15,0	1889
X	19,6	1918	12,0	2,6	6,4	1919
XI	9,6	1969	4,0	2,3	-0,8	1919
XII	5,2	1960	-1,1	2,6	-9,0	1889
Год	32,1	1936	11,6	0,9	-12,1	1929

низкие величины максимальной температуры отмечаются в январе (-3,2°C). С марта начинается медленное повышение дневных температур, что связано с увеличением высоты солнца. В апреле происходит интенсивный рост максимальных температур, которые достигают наибольших значений в июле (25,6°C). В начале осени характерно понижение дневных температур, но даже поздней осенью могут происходить возвраты теплоты и отмечаться очень высокие температуры.

Величины среднего квадратического отклонения максимальной температуры в течение всего года одинаковы и равны 3°C.

Атмосферные процессы приводят к различным колебаниям среднего максимума от месяца к месяцу, от года к году. Средний максимум бывает положительным даже в зимние месяцы (в январе 1936 г., феврале 1925 г., декабре 1960 г.), иногда может быть намного ниже средней многолетней величины (1929, 1942 гг.).

Представление о возможных наиболее высоких температурах воздуха дает абсолютный максимум (табл. 25).

В зимние месяцы максимальные температуры обусловлены быстрой адвекцией теплых воздушных масс. Для этого времени

Таблица 25

Абсолютный максимум температуры воздуха  $T$  (°C)

Месяц	Максимум	Год	$\bar{T}$	$\sigma$	$T_{\text{наим}}$	Год
I	9,6	1921	4,1	2,0	0,0	1933
II	11,8	1957	4,9	2,5	-0,7	1929
III	21,7	1888	12,0	4,6	4,1	1907
IV	29,1	1950	21,8	3,3	15,8	1883
V	33,1	1924	28,1	2,3	22,0	1919
VI	35,0	1885	30,4	2,3	25,4	1894
VII	39,4	1936	32,5	2,0	28,8	1935
VIII	39,3	1946	31,7	2,4	25,9	1926
IX	33,6	1898	28,0	2,8	21,0	1889
X	28,0	1888	20,8	3,4	12,4	1946
XI	23,2	1926	12,1	3,2	4,5	1919
XII	13,1	1961	6,4	2,9	0,6	1933
Год	39,4	1936	33,3	1,9	-0,7	1929

характерны положительные значения абсолютного максимума (10—17°C). Сразу после таяния снега начинается интенсивный рост максимальных температур воздуха. В теплое время высокие абсолютные максимумы формируются при стационарных антициклонах с малооблачной погодой. С мая по сентябрь они превышают 30°C. Рекордный максимум наблюдался 30 июля 1946 г. (39,4°C) и 20 августа 1946 г. (39,3°C).

Неустойчивость ( $\sigma$ ) абсолютного максимума составляет 2—3°C в январе, в марте достигает 5°, что связано с крайней неустойчивостью погоды в этом месяце.

Средний из абсолютных максимумов позволяет судить о температурах, которые можно ожидать ежегодно, в противоположность абсолютному максимуму, который встречается редко (1—2 раза за весь многолетний период).

Высокие температуры воздуха летом в сочетании с другими метеорологическими явлениями (низкой относительной влажностью и большими скоростями ветра) оказывают неблагоприятное влияние на развитие пригородного сельского хозяйства.

Максимальные температуры 25°C и выше наблюдаются с мая по сентябрь с 90%-ной вероятностью, а температура 30°C и выше с 25%-ной вероятностью (рис. 16). Абсолютный максимум выше 35°C отмечается с июня по август и его повторяемость около 10—15%.

Абсолютная амплитуда (разность между наиболее высоким абсолютным максимумом и наиболее низким абсолютным минимумом) в Киеве составляет 71,6°.

Средние суточные температуры, средние и экстремальные значения минимальных и максимальных температур позволяют определить изменение температуры воздуха за каждый день в течение всего года (см. приложение).

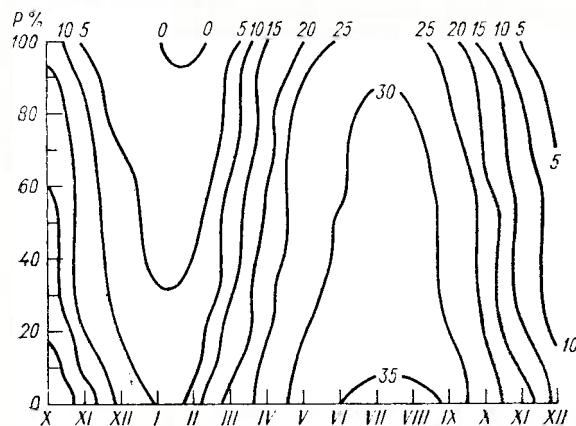


Рис. 16. Изоплеты абсолютного максимума температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

#### 4.2. Температура почвы

Данные о температуре почвы широко используются при технико-технических расчетах, проектировании, строительстве и в других отраслях народного хозяйства. Особый интерес они представляют при прокладке подземных коммуникаций, строительстве метрополитена и других подземных сооружений.

Температура почвы зависит от приходящей солнечной радиации, механического состава и структуры почвы, ее влажности, характера растительности, рельефа и ряда других факторов. В зимнее время тепловые свойства почвы во многом определяются состоянием и мощностью снежного покрова.

**Средняя температура поверхности почвы.** В зимние месяцы средняя температура поверхности почвы (снега) понижается до  $-6^{\circ}\text{C}$  (табл. 26) и незначительно отличается от средней температуры воздуха. Наиболее низкая средняя месячная температура почвы наблюдается в январе и феврале. В отдельные годы зимой температура почвы может опускаться до  $-37^{\circ}\text{C}$  и повышаться до  $0^{\circ}\text{C}$ . Для этого периода характерны наибольшие величины изменчивости температуры поверхности почвы ( $\sigma=3,9^{\circ}\text{C}$ ).

Следует отметить, что в январе в 13 ч наиболее часто (51%)

температура поверхности почвы находится в пределах от  $-5^{\circ}\text{C}$  и очень редко — в пределах  $10-15^{\circ}\text{C}$ .

Всего диапазон изменения температуры почвы увеличивается. В марте средняя температура поверхности почвы повышается до  $0^{\circ}\text{C}$ , а в апреле она уже составляет  $9^{\circ}\text{C}$ . В это время увеличивается повторяемость (19%) температуры поверхности почвы в пределах  $10,1-15,0^{\circ}\text{C}$  и очень редко (1%) отмечаются температуры выше  $45^{\circ}\text{C}$ .

Постоянный рост (на  $9^{\circ}\text{C}$ ) температуры поверхности почвы наблюдается от апреля к маю, когда ее значения достигают  $18^{\circ}\text{C}$ .

В теплый период года температура оголенной поверхности почвы испытывает значительные колебания. Более ярко выражены оказываются микроклиматические особенности различных поверхностей. Самые высокие средние температуры ( $10^{\circ}\text{C}$ ) поверхности почвы наблюдаются в июле. Это на  $5^{\circ}$  выше температуры воздуха. В летние месяцы днем температура почвы повышается до  $40-45^{\circ}\text{C}$ , а в ясные дни превышает  $50^{\circ}\text{C}$ . В отдельные же годы температура почвы может понижаться до  $12-14^{\circ}\text{C}$ . Летом почва интенсивно прогревается, увеличивается повторяемость (16%) температуры поверхности почвы от  $45,0$  до  $50,0^{\circ}\text{C}$ . Температуры выше  $60^{\circ}\text{C}$  наблюдаются очень редко (1%).

Основано отмечают незначительные температурные различия между поверхностью почвы и воздухом. Понижение температуры почвы начинается уже в августе, но наиболее значительное (на  $8^{\circ}$ ) наблюдается от сентября к октябрю. В ноябре средняя температура поверхности почвы составляет  $1^{\circ}\text{C}$ . В этот период имеет место наименьшая изменчивость ( $\sigma=1,5^{\circ}\text{C}$ ) температуры почвы и наибольшая повторяемость (36%) температур в пределах  $10-15^{\circ}\text{C}$ . В декабре температура поверхности почвы отрицательная ( $-4^{\circ}\text{C}$ ). Годовая амплитуда температуры почвы в Киеве составляет  $30^{\circ}$ . Влияние города на термический режим почвы хорошо прослеживается в 13 ч в летние месяцы (табл. 27).

Повышенные данные характеризуют температурный режим поверхности почвы. В городе большая часть поверхности почвы имеет асфальтное и каменное покрытие, что существенно изменяет термический режим подстилающей поверхности. С поверхности сухого асфальта практически отсутствует излучение, поэтому почти все тепло поглощенной солнечной радиацией истрачивается на его нагревание. Это приводит к тому, что дневные температуры в теплое полугодие на поверхности сухого асфальта выше обычно на  $2^{\circ}$  и более. В ночное время сухой асфальт и каменные покрытия сравнительно быстро охлаждаются. Минимальные температуры на их поверхностях при прочих равных условиях оказываются ниже по сравнению с почвой. Это обуславливает более высокие суточные амплитуды температуры поверхности асфальта в теплое полугодие.

Таблица 26

## Температура поверхности почвы (°C)

Месяц	$\bar{t}_{\text{мин}}$	$t_{\text{мин}}$	$\bar{t}$	$\sigma$	$\bar{t}_{\text{макс}}$	$t_{\text{макс}}$
I	-11	-35	-6	3,9	-2	9
II	-10	-37	-6	3,7	0	10
III	-5	-28	0	2,5	7	30
IV	1	-13	9	2,3	24	39
V	8	-4	18	2,4	38	39
VI	12	1	23	2,4	43	41
VII	14	4	24	2,1	45	35
VIII	13	3	22	1,7	40	50
IX	8	-4	15	2,0	31	50
X	2	-19	7	1,5	17	36
XI	-2	-24	1	2,2	5	23
XII	-7	-33	-0,4	2,4	-1	19
Год	2	-37	9	0,8	21	63

Таблица 27

## Температура поверхности почвы. 13 ч

Станция	Тип почвы	Месяц					
		I	II	III	IV	V	VI
Киев, Багринова гора	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	-4,0	-2,2	4,3	18,3	29,7	35,1
		-3,9	-1,8	4,9	18,2	30,1	36,3
		-4,0	-2,3	3,9	18,2	29,7	34,0
Киев, Ботанический сад	Светло-серая оподзоленная	-3,9	-1,8	4,9	18,2	30,1	36,3
		-4,0	-2,3	3,9	18,2	29,7	34,0
Борисполь	Оподзоленный чернозем	-4,0	-2,3	3,9	18,2	29,7	34,0
Киев, обсерватория	Темно-серая лесная оподзоленная с примесью строительного щебня	-3,9	-1,8	4,9	20,5	32,8	38,3
		-3,9	-1,8	4,9	20,5	32,8	38,3

Станция	Тип почвы	Месяц					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
Киев, Багринова гора	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	37,3	34,6	26,9	15,1	5,0	-2,1
		36,4	33,4	26,7	15,0	3,4	-2,1
		36,9	34,5	26,6	14,7	4,3	-2,1
Киев, Ботанический сад	Светло-серая оподзоленная	36,9	34,5	26,6	14,7	4,3	-2,1
		36,9	34,5	26,6	14,7	4,3	-2,1
Борисполь	Оподзоленный чернозем	36,9	34,5	26,6	14,7	4,3	-2,1
Киев, обсерватория	Темно-серая лесная оподзоленная с примесью строительного щебня	40,2	35,0	27,0	13,8	3,4	-2,8
		40,2	35,0	27,0	13,8	3,4	-2,8

заморозки. Средние даты первого мороза на почве осенью приходятся на первую декаду октября, а последнего — на третью декаду апреля. Средняя продолжительность периода без заморозков на почве короче безморозного периода в воздухе на 30 дней. На глубине 0,2 м средние даты первого мороза приходятся на первую декаду января, а даты последнего мороза — к середине второй декады марта. С увеличением глубины (0,4 м) средняя дата первого мороза смещается на третью декаду января, а последнего — на первую декаду марта, средняя продолжительность безморозного периода увеличивается на 23 дня.

Число дней с температурой почвы 0°C и ниже за различные месяцы и за зиму в целом значительно колеблется от года к году. Среднее число дней с температурой почвы 0°C и ниже на глубинах 0,2 и 0,4 м изменяется от 46 до 19 дней, наибольшее — от 105 до 117 дней.

## Температура почвы на разных глубинах. От нагре-

тия поверхности почвы тепло частично передается прилегающему слою воздуха и затрачивается на нагревание более глубоких слоев почвы. С глубиной годовые минимумы и максимумы границей температуры почвы запаздывают, а амплитуда годовых изменений уменьшается. Вертикальные градиенты температуры имеют различный знак зимой и летом. В апреле—июне температура в слое 0—0,2 м понижается с глубиной в среднем на 1°C, в июле и августе она практически не изменяется, а в декабре уже наблюдается ее повышение с глубиной.

Важным показателем термического режима почвы является средняя проникновения температуры 0°C в почву как дополнительная характеристика глубины промерзания почвы (рис. 17). Средняя глубина промерзания почвы меньше глубины проникновения температуры 0°C.

На данной станции Киев, Багринова гора промерзание почвы в декабре составляет 32 см, в январе—58 см, а в феврале достигает максимальных значений—82 см. В марте промерзание почвы еще достаточно глубокое—62 см. В холодную зиму 1954—55 г. в феврале наблюдалось промерзание почвы до 1,5 м [87].

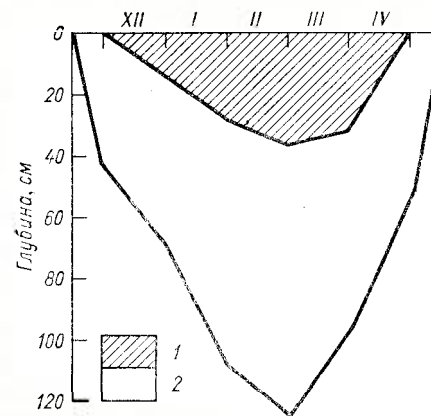


Рис. 17. Средняя (1) и наибольшая (2) глубина (см) проникновения температуры 0°C в почву под естественным покровом.

## 5. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ

### 5.1. Влажность воздуха

Влажность воздуха характеризуется следующими основными показателями: абсолютной влажностью или упругостью водяного пара, относительной влажностью и дефицитом влажности (недостатком насыщения).

Упругость водяного пара представляет собой парциальное давление водяных паров, находящихся в атмосфере. Относительная влажность равна отношению упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщающего пара, выраженной в процентах. Она показывает, как далек от насыщенного пар, находящийся в воздухе, от состояния насыщения. Дефицитом влажности воздуха называется разность между упругостью насыщающего водяного пара и упругостью водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре и давлении.

**Упругость водяного пара.** В течение года упругость водяного пара меняется параллельно ходу температуры воздуха. Зимой, аналогично температуре воздуха в центре Киева и в окрестностях, значения упругости водяного пара минимальны в году (табл. 28) и в среднем составляют 3,8—4,7 мбар в январе, но в отдельные годы могут достигать 7,0 мбар (декабрь 1960 г.) (табл. 29). Наименьшее месячное значение упругости водяного пара (1,9 мбар) отмечалось в январе 1963 г.

Упругость водяного пара весной в связи с общим повышением температуры заметно увеличивается; в марте она возрастает до 5 мбар, а к маю — уже до 10 мбар. Отклонения упругости водяного пара от многолетней нормы весной превышают  $\pm 1$  мбар. Максимальные значения упругости водяного пара наблюдаются весной (в мае) и могут достигать 12,6 мбар (1972 г.). Наиболее беден воздух водяным паром в марте вследствие более низких температур воздуха в этом месяце. Упругость водяного пара в это время может составлять всего 3,7 мбар (1963 г.).

Упругость водяного пара весной имеет уже четко выраженный суточный ход с амплитудой 1—2 мбар. Причем за этот

Таблица 28  
Влажность воздуха

Месяц	Упругость водяного пара, мбар	Относительная влажность, %					Число дней с относительной влажностью, 13 ч		
		1 ч	7 ч	13 ч	19 ч	минимальная в один из сроков наблюдений	<50%	<30%	>80%
Борисполь									
Январь	4,1	88	89	83	86	37	0,4	0	58
Февраль	7,7	84	81	59	70	11	11	9	21
Март	11,7	84	77	50	63	14	17	9	7
Апрель	8,7	89	90	67	81	10	8	2	29
Май	8,8	86	84	65	75	10	36	20	115
Киев, обсерватория									
Январь	4,2	88	89	82	86	29	1	0,1	55
Февраль	7,5	78	78	58	66	8	13	7	18
Март	11,7	78	75	52	61	17	16	5	8
Апрель	8,8	85	88	68	79	14	6	1,4	29
Май	8,8	82	82	65	73	8	36	14	110

Таблица 29  
Упругость водяного пара  $e$  (мбар)

Месяц	Год	$\bar{e}$	$\sigma$	$e_{\text{наиб}}$	Год
Январь	1963	3,8	0,9	6,0	1963
Февраль	1954	4,0	0,9	5,6	1957
Март	1963	4,8	0,8	8,9	1962
Апрель	1965	7,1	0,9	9,6	1966
Май	1952	10,1	0,9	12,6	1972
Июнь	1941	13,7	1,2	16,2	1975
Июль	1968	15,5	1,0	18,3	1972
Август	1965	15,0	0,8	17,8	1967
Сентябрь	1973	11,7	1,0	15,3	1967
Октябрь	1946	8,3	1,1	10,9	1965
Ноябрь	1956	6,3	1,0	9,6	1961
Декабрь	1963	4,7	0,8	7,0	1960

период влажность почти в два раза больше. Влажность воздуха в центральной части города в течение суток изменяется значительно медленнее, чем за городом.

В связи с повышением температуры воздуха упругость водяного пара летом достигает максимальных значений (13,7—15,5 мбар). От весны к лету она возрастает на 5 мбар, максимальные значения упругости водяного пара наблюдаются в июле. От июля к августу она начинает падать.

Изменение упругости водяного пара в течение суток в летний сезон имеет четко выраженный ход: перед восходом солнца почти одновременно с минимумом температуры наступает первый минимум упругости водяного пара, которая к 8 ч достигает максимума. Примерно с 9 ч, за счет усиления восходящих токов, начинается интенсивное перемешивание влажных слоев воздуха с верхними более сухими. Это приводит к уменьшению упругости водяного пара в приземном слое воздуха в послеполуденные часы. Затем она снова возрастает вследствие ослабления интенсивности турбулентного обмена.

Осенью наблюдается переход от летнего типа распределения влажности к зимнему. Сентябрь еще полностью сохраняет черты летнего типа, октябрь является уже переходным месяцем, в ноябре распределение всех характеристик влажности в Киеве принимает черты, свойственные зимнему сезону.

Средняя величина упругости водяного пара за осенний сезон составляет 8,8 мбар. В отдельные годы средние месячные значения упругости водяного пара значительно отличаются от средних многолетних.

**Относительная влажность.** Наибольший практический интерес представляет относительная влажность воздуха, отражающая степень насыщения его водяным паром и являющаяся хорошим показателем степени увлажнения воздуха. Годовой суточный ход относительной влажности обратен ходу температуры воздуха.

Зимой средняя месячная относительная влажность воздуха достигает максимальных значений и составляет в среднем сезон 86% (табл. 30). Наибольшие значения относительной влажности наблюдаются в декабре (88—89%), январе (86—87%) и феврале (83—86%). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), характеризующее изменчивость относительной влажности от одного года к другому, зимой составляет всего 1,7 т. е. зима характеризуется наименьшей за год изменчивостью относительной влажности воздуха (табл. 30).

Таблица 30  
Относительная влажность воздуха  $f$  (%)

Месяц	$\bar{f}$	$\sigma$	Месяц	$\bar{f}$	$\sigma$
I	86	2,7	VII	66	4,7
II	84	2,8	VIII	69	4,8
III	80	3,9	IX	73	4,3
IV	68	5,8	X	80	4,0
V	63	5,8	XI	86	4,0
VI	64	4,6	XII	88	3,3

Суточный ход относительной влажности в зимние месяцы выражен слабо (рис. 18). В декабре и январе амплитуда суточного хода составляет 4—6%, в феврале она увеличивается

до 10%. Изменение амплитуды суточного хода хорошо видно из графика средних изоплет суточного хода относительной влажности (рис. 19). Наибольшие значения (90%) наблюдаются в 4—8 ч, а наименьшие (77—85%) — в 12—16 ч.

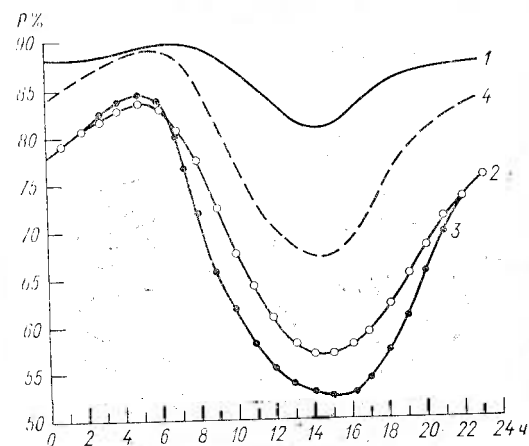


Рис. 18. Повторяемость  $P$  (%) относительной влажности воздуха в различные часы суток.  
1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень.

В зимние часы средняя месячная относительная влажность в отдельные годы изменяется более существенно, в декабре и январе — от 78 до 91%, в феврале — от 71 до 90%.

В зимние часы в среднем наблюдается до 55 влажных дней с относительной влажностью 80% и более. Причем наибольшее количество (более 20) таких дней отмечается в декабре, наименьшее (14—16 дней) за зиму — в феврале. Число дней с относительной влажностью 50% и менее составляет за сезон в центре города всего один день, а за городом (Борисполь) — даже два дня за два года. Зимой практически отсутствуют сухие дни, т. е. дни, когда в один из сроков наблюдений относительная влажность 30% и менее. За последние 85 лет только один раз в зимнем месяце был сухим (в декабре 1894 г., в январе 1911 г. и феврале 1939 г.).

Наименьшая относительная влажность, наблюдаемая в зимние месяцы, равна 29% (средняя месячная в 13 ч), в Борисполе — 27%. Зимой в утренние часы в 50% лет значения относительной влажности составляют 88% и более и только один раз в 10 лет относительная влажность снижается до 85% и менее (табл. 31). Различий в утренние часы различий в величинах относительной влажности в городе и за его пределами практически нет. Сле-

дует отметить, что только в марте относительная влажность в городе становится несколько меньше (1—2%) по сравнению с пригородом. В дневные часы во все зимние месяцы, за исключением декабря, влажность в городе меньше, чем за городом.

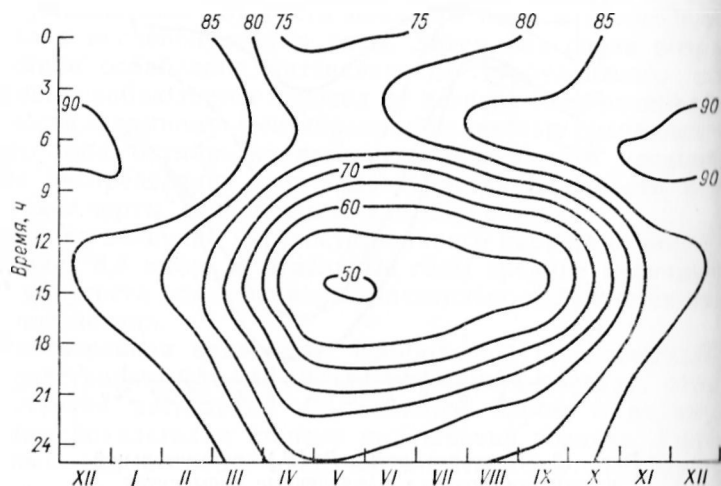


Рис. 19. Изоплеты суточного хода относительной влажности воздуха (%).

(в январе на 1—2%, в феврале на 2—3%). Эти особенности формирования относительной влажности воздуха в городе за его пределами определяются, в известной степени, особенностями формирования суточного и годового хода температуры воздуха в городе и его окрестностях.

Так, в январе в 65% случаев средняя суточная температура изменяется от —14 до 0°С при одновременном колебании средних суточных значений относительной влажности от 76 до 100%.

Весной постепенно устанавливается типичное для лета распределение всех характеристик влажности воздуха. Уже в апреле появляются черты летнего распределения относительной влажности: ее величина от марта к апрелю уменьшается на 10% (с 80 до 68%).

Средняя месячная относительная влажность в 13 ч от начала весны понижается особенно резко, составляя в марте 76%, в апреле 55%, в мае 49%. Изменчивость относительной влажности в это время равна 4—6%.

За городом вследствие более низкой температуры воздуха средняя месячная относительная влажность на 2—5% больше, чем в центре. Наименьшие значения относительной влажности

Таблица 31

Относительная влажность воздуха (%) различной вероятности

Сезон	Время, ч	Вероятность, %								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>Январь</b>										
Город	7	91	90	89	88	88	88	86	86	85
	13	89	86	85	83	82	81	81	81	79
Ст. обсерватория	7	92	91	90	90	89	89	88	86	84
	13	89	85	84	82	81	80	80	80	79
<b>Апрель</b>										
Город	7	90	88	85	83	81	80	79	76	75
	13	68	64	60	56	54	52	51	50	47
Ст. обсерватория	7	85	83	81	79	78	76	75	73	70
	13	65	62	59	56	54	52	50	48	46
<b>Июль</b>										
Город	7	62	58	56	54	52	51	50	47	44
	13	59	57	54	52	50	49	47	45	40
Ст. обсерватория	7	83	81	80	78	77	76	74	71	67
	13	62	58	56	54	52	50	49	47	45
<b>Октябрь</b>										
Город	7	96	95	93	92	91	91	90	88	86
	13	76	73	71	68	65	64	62	60	54
Ст. обсерватория	7	92	91	90	89	89	88	88	87	84
	13	75	72	70	68	66	65	64	62	60

в городе наблюдаются не в наиболее теплом месяце года (июле), а раньше — в конце весны.

Низкая относительная влажность изменяется от месяца к месяцу значительно меньше, чем днем (от 84% в марте до 75% в мае). Весной она испытывает значительные суточные колебания. Амплитуда суточного хода в марте составляет 20% (процент в феврале), 28% в апреле, 32% в мае. В мае в последние часы (14—15 ч) наблюдаются самые низкие за год значения относительной влажности, составляющие 50%. Максимальные значения ее приходится на время около восхода солнца. Характеристика относительной влажности воздуха в 13 ч в различных пределах дает представление о возможных колебаниях ее в отдельные дни. Наибольшую повторяемость в 13 ч в марте имеет влажность 60—69% (20% всех дней месяца), в апреле встречаются дни с влажностью 50—59 и 70—100%. В апреле и мае наибольшая повторяемость дневной влажности приходится в сторону меньших величин. В мае наибольшая повторяемость приходится на влажность 40—49%, которая отмечена в 26% дней.

Весной среднее число дней с относительной влажностью ниже 80% и более как приближенная характеристика

влажных дней составляет в центре города 18, а за городом (см. табл. 28). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) числа влажных дней соответственно изменяется от 4 дней в марте до 3—2 дней в апреле и мае. За городом влажных дней за весну на четыре дня больше, чем в центральной части города, площадь открытой почвы и зеленых насаждений существенно меньше. В связи с этим в этой части города уменьшены величины испарения с поверхности почвы и транспирация растений. Это приводит к понижению упругости водяного пара, особенно относительной влажности воздуха по сравнению с окраинами и хорошо озелененными районами города.

Число дней с относительной влажностью 30% и менее, являющееся косвенным показателем сухой погоды, составляет в среднем 7 дней. Май в Киеве, как и в других городах Украины, характеризуется наибольшим числом сухих дней в году.

Среднее квадратическое отклонение числа дней с влажностью 30% и менее составляет в марте 0,6, апреле 3, мае 4 дня. Число дней с влажностью 30% и менее в отдельные годы может резко отличаться от средней величины.

За городом среднее число сухих дней в марте и апреле такое же, как и в центре города, а в мае на 2,5 дня больше. Причем резкое увеличение числа сухих дней в мае подтверждается и другими близко расположенными станциями: Яготин, Фастов, Тетерев, Белая Церковь. Сравнительно малое число сухих дней в центре города в мае возможно является следствием влияния Днепра.

В марте в 36% всех дней при изменении относительной влажности от 70 до 95% средняя суточная температура изменяется от  $-4$  до  $+6^{\circ}\text{C}$ . В 71% дней марта при влажности 60—100% средняя суточная температура изменяется от  $-6$  до  $+6^{\circ}\text{C}$ .

В последующие месяцы весны максимальная повторяемость значений относительной влажности смещается в сторону более низких ее значений и наблюдается при более высоких температурах.

Летом относительная влажность воздуха постепенно повышается в связи с активизацией ливневой деятельности и увеличением количества осадков: средняя месячная влажность от начала последнего месяца лета увеличивается на 6% (от 63 до 69%). В центре города из-за более высоких температур она по сравнению с загородной зоной ниже на 4—5% в начале лета, к концу лета эта разность уменьшается до 2%. Изменчивость относительной влажности летом в многолетнем разрезе характеризуется следующими величинами: среднее отклонение от нормы изменяется от  $\pm 5$  до  $\pm 7\%$ , т. е. при наименьших значениях относительной влажности в теплый период года время отмечается наибольшая ее изменчивость.

Летом амплитуда суточного хода увеличивается до 30—40%. Максимального значения (83—86%) относительная влажность достигает перед восходом солнца, затем она уменьшается и в наиболее частые часы повторяется минимальная (51—54%). В 13% наиболее часто повторяется относительная влажность 40—50%, такая влажность наблюдается в половине летних дней. В центре города относительная влажность в связи с более высокой температурой воздуха ниже на 2—3%. Как уже отмечалось, данное явление обусловлено также уменьшением площади испаряющей поверхности в городе.

Осенью резко увеличивается число дней с относительной влажностью 80% и более. В среднем за осенние месяцы число таких дней составляет 29, в сентябре их всего 3, а в конце октября, в ноябре, увеличивается до 18. В отдельные годы число влажных дней весьма значительно отличается от приведенных средних величины.

В начале осени 78% всех дней имеют относительную влажность 55—95% при средней суточной температуре  $6$ — $18^{\circ}\text{C}$ . В конце осени в 81% всех дней диапазон изменения средней суточной температуры составляет  $-6,0$ ... $-8,0^{\circ}\text{C}$ , а влажность воздуха достигает 100%.

**Дефицит влажности.** Дефицит влажности зимой, как следует из приведенного, незначителен и составляет в городе в среднем за сезон 0,6 мбар, изменяясь от 0,6 до 0,7 мбар в отдельные годы зимнего сезона (табл. 32).

Таблица 32  
Дефицит влажности  $e$  (мбар)

Месяц	$e$		Месяц	$e$	
	$\bar{e}$	$\sigma$		$\bar{e}$	$\sigma$
III	0,6	0,2	VII	9,4	2,9
	0,7	0,2	VIII	8,2	2,5
	1,4	0,4	IX	5,2	1,2
IV	4,2	1,2	X	2,4	0,7
	7,2	1,8	XI	1,0	0,3
V	9,0	1,8	XII	0,6	0,1

Вместо средних месячных значения дефицита влажности составило в марте 1,4, в апреле уже 4,2, а в мае 7,2 мбар. Дефицит влажности, как и упругость водяного пара, достигает своего (июль) максимальных значений (8—9 мбар). Наибольший (18,5 мбар) дефицит влажности наблюдался в июле 1937 г. Кроме других характеристик влажности, дефицит влажности в отдельные месяцы имеет четкий суточный ход с максимумом в дневное время и минимумом в ночные часы.

Дефицит влажности в среднем за осенний сезон составляет 0,6 мбар и изменяется от 1 до 5,2 мбар. Осенью дефицит

влажности за городом меньше, чем в центре города, на 0,1 — 0,2 мбар. Обусловлено это большей сухостью воздуха в центре города по сравнению с окраиной.

## 5.2. Атмосферные осадки

Осадки, выпадающие из облаков на земную поверхность, представляют собой капельно-жидкую и замерзшую влагу, продукты конденсации и сублимации водяного пара, а также коагуляции капель в облаках. Выпадают они обычно из облаков слоисто-дождевых, высоко-слоистых, слоистых и кучево-дождевых форм в жидком виде (дождь, ливневый дождь, морось), твердом (снег, ливневый снег, град, крупа и снежные зерна) или смешанном (дождь со снегом, мокрый снег и ливневый мокрый снег).

Осадки обычно подразделяются на три вида: обложные, морозящие и ливневые. Первые выпадают в виде капель или снежинок средней величины из сплошного облачного покрова, образуемого слоисто-дождевыми или высоко-слоистыми облаками. Эти осадки продолжительны и охватывают большую площадь. Морозящие осадки обычно выпадают из слоистых облаков в виде очень мелких капелек, мельчайших снежинок или ледяных игл. Ливневые осадки связаны с кучево-дождевыми облаками, они имеют вид крупных капель в теплое время года или крупных хлопьев снега зимой. Они начинаются и кончаются внезапно, охватывают обычно небольшую площадь, интенсивность их резко меняется во времени.

**Количество осадков.** Количество осадков, выпавших на подстилающую поверхность, определяется толщиной образованного при этом слоя воды (в мм). Их величина зависит от влагосодержания облаков и подоблачного слоя, термодинамической стратификации атмосферы. Киев по количеству выпавших осадков, как и вся северо-западная часть Украины, относится к зоне достаточного увлажнения. Осадки на этой территории в течение всего года определяются главным образом циклонической деятельностью. Циклоны, перемещающиеся с Атлантического океана и Средиземного моря, приносят в город до 80% годового количества осадков.

В Киеве могут наблюдаться все виды осадков (табл. 33). Количество их в городе составляет 610 мм за год (табл. 34), заметно меньше осадков выпадает в пригородной зоне (Борисполь, 495 мм). Город способствует увеличению количества выпадающих осадков. Объясняется это главным образом большим количеством активных ядер конденсации над городом, повышенным термодинамическим обменом и понижением уровня конденсации.

Таблица 33  
Повторяемость (%) различных видов осадков

Вид осадков	Зима	Весна	Лето	Осень
<b>Обложные</b>				
Твердые	41	11	—	5
Жидкие	15	23	—	32
Смешанные	20	7	—	5
<b>Ливневые</b>				
Твердые	4	2	—	—
Жидкие	—	37	80	34
Смешанные	2	4	—	6
<b>Обложные и ливневые</b>				
Смешанные	18	16	11	18

Таблица 34  
Среднее количество осадков (мм)

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Пемешаево	109	131	200	131	571
Ворзель, санаторий	112	135	206	134	587
Киев, Пуца-Водица	121	144	220	143	628
Киев, политехнический институт	106	127	193	125	551
Киев, Батьева гора	97	129	200	130	556
Киев, Багринова гора	98	129	200	129	556
Киев, Ботанический сад	109	130	198	128	565
Чабаны	107	128	195	128	555
Борисполь	79	114	183	119	495
Киев, обсерватория	118	142	212	138	610

В течение года осадки распределяются очень неравномерно. Сумма осадков, выпадающих за зиму, составляет всего 19% годового количества, весной и осенью — 23%, летом — 35%. Наибольшее количество осадков выпадает летом (212 мм), а наименьшее — зимой (118 мм).

Зимой наиболее часто (75%) наблюдаются обложные осадки. Ливневые осадки в это время отмечаются редко (7%). В 18% выпадают осадки смешанного характера.

Диапазон колебаний месячных сумм осадков зимой из года в год достаточно велик. Во все месяцы зимы максимальное количество осадков превышает 100 мм (рис. 20), а минимальное составляет 3—5 мм за месяц, т. е. 8—12% месячной суммы. В связи с тем что изменчивость количества осадков из года в год очень велика, для решения многих практических вопросов важно



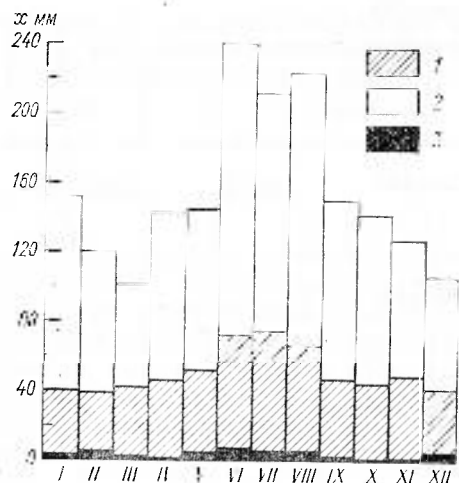


Рис. 20. Среднее (1), наибольшее (2) и наименьшее (3) количество осадков  $x$  (мм).

знать не только средние величины осадков и их экстремальные значения, но и суммы осадков различной вероятности в отдельные годы. Из табл. 35 видно, что в декабре при средней сумме осадков 41 мм в 1973 г. выпало 105 мм. Такое количество осадков наблюдается один раз в 50 лет (2%-ная вероятность). Один раз в 10 лет сумма осадков составляет почти 80 мм. В январе и феврале такая же месячная сумма осадков наблюдается один раз в 20 лет. В сухие годы она не превышает 5 мм. Такое количество осадков отмечается один раз в 20 лет. На-

ибольшее количество осадков зимой выпадает в первой и второй декадах декабря, наименьшее — в третьей декаде февраля. Таким образом, осадки зимой выпадают равномерно не только по месяцам, но и по декадам.

Зимой чаще всего отмечаются твердые осадки (см. табл. 33). Наибольшие суммы таких осадков приходятся на январь и февраль (56—58%). Всего за зиму выпадает твердых осадков 49%, смешанных 34% и жидких 17%. Наибольшее количество смешанных и жидких осадков наблюдается в декабре (36 и 32% общего количества).

Жидкие и смешанные осадки, выпадающие в зимние месяцы, при определенных условиях значительно осложняют работу всех видов городского транспорта, приводят к увеличению количества аварий и росту транспортного травматизма. Особенно неблагоприятная обстановка создается при отрицательных температурах. Заасфальтированная поверхность дорог и тротуаров покрывается слоем замерзшей воды. Это уменьшает скорость движения транспорта, увеличивает длину пробега машин при торможении, способствует наезду машин, падению пешеходов.

Зимой свыше 40—50% дней с жидкими осадками наблюдается при отрицательных температурах. В среднем за зиму отмечается 11 дней с жидкими и смешанными осадками, при которых температура опускается ниже 0°C (табл. 36). В отдельные годы число таких дней за зиму может достигать 20 и более.

Таблица 35  
Количество осадков  $x$  (мм) различной вероятности выше указанных пределов

Месяц	$x_{\text{наиб}}$	Год	$\bar{x}$	Вероятность, %						$x_{\text{наим}}$	Год
				2	5	10	80	90	95		
I	151	1966	39	88	77	67	19	13	9	3	1894
II	119	1970	38	98	82	69	17	12	9	5	1954
III	100	1966	41	98	84	74	20	13	8	2	1921
IV	142	1924	45	116	98	84	21	13	8	1	1952
V	144	1913	56	129	111	97	28	18	12	4	1936
VI	239	1932	72	185	151	126	38	25	16	7	1964
VII	210	1974	74	181	150	126	40	26	16	5	1959
VIII	223	1947	66	161	132	111	37	25	16	5	1951
IX	149	1923	46	136	112	92	17	10	5	2	1944
X	141	1892	44	138	116	96	16	10	6	1	1891
XI	127	1960	48	125	106	92	19	11	7	2	1926
XII	105	1973	41	102	88	76	20	13	9	5	1924
Год	925	1933	610	910	843	790	494	455	429	405	1909

Таблица 36

Число дней с жидкими и смешанными осадками

Характеристика	I	II	III	IV	X	XI	XII	Год
Общее число дней	7,4	7,5	7,9	1,2	2,2	11,7	11,0	48,9
Число дней при отрицательной температуре воздуха	3,8	3,0	2,0	0,2	0,2	2,2	4,1	15,5

Весной при выпадении осадков уменьшается повторяемость наиболее низких облаков нижнего яруса и возрастает повторяемость облаков конвекции, а также облаков среднего и верхнего ярусов. При этом повторяемость слоистых облаков уменьшается весной до 6%. В этом сезоне значительно увеличивается повторяемость кучево-дождевых облаков (до 14%) и остается большой (18%) повторяемость слоисто-дождевых облаков, из которых выпадают обложные осадки.

С ростом температуры от зимы к весне резко снижается доля твердых осадков (см. табл. 33) в их общем количестве (до 19%). В конце весны, в мае, твердые осадки совсем не наблюдаются.

Весной повторяемость ливневых осадков, которые выпадают из кучево-дождевых облаков, значительно возрастает (до 43%), повторяемость обложных осадков, наоборот, уменьшается по сравнению с зимой до 41%. В мае в городе уже наблюдается 56 мм осадков, а за городом (Борисполь) только 48 мм.

Весной количество осадков в городе и за городом от месяца к месяцу растет. Так, от февраля к марту количество осадков

увеличивается на 1—4 мм, от марта к апрелю — уже на 3—10 мм, а от апреля к маю — на 9—10 мм. Рост месячного количества осадков от марта к апрелю существенно зависит от местных условий. Количество осадков оказывается различным на станциях, расположенных в центральной застроенной части города, на возвышенных открытых местах в городе, находящихся в зоне зеленых насаждений, и на станциях, расположенных на открытых местах в загородной зоне. В первой группе станций этот рост составляет всего 3—4 мм, а в третьей он достигает 8—10 мм. Причиной таких различий является разная степень защищенности станций.

В весенние месяцы месячные суммы осадков нередко резко отличаются от приведенных средних. В наиболее влажные весны они могут превышать 100 мм. Так, в апреле 1924 г. выпало 142 мм, в мае 1913 г. — 144 мм (см. табл. 35). В указанные годы месячное количество осадков составило 2,5—3,5 многолетней величины. В наиболее сухие весны месячные суммы осадков составляют не более 10 мм, в марте 1921 г. выпало только 2 мм, а в апреле 1952 г. — всего 1 мм осадков. Указанные экстремальные весенние суммы осадков практически не отличаются от зимних, хотя средние месячные суммы осадков весной, особенно во второй половине, значительно больше.

Весной во влажные годы, как в марте, так и в апреле, один раз в 20 лет количество осадков составляет 80—100 мм.

Весной наименьшее количество осадков выпадает в первую декаду марта. В последующем количество осадков равномерно растет от одной декады к другой.

Особенно важно знать количество различных видов осадков весной и осенью, когда резко меняется их внутримесячное соотношение. В начале весны доля твердых осадков еще весьма значительная (47%). В марте наблюдается 7 дней с твердыми осадками. Твердые осадки вместе со смешанными в этом месяце выпадают в течение 10,5 дней (81%). В апреле повторяемость твердых осадков уменьшается до 9%, а смешанных до 23%. В среднем наблюдается 3 дня с указанными осадками. Повторяемость жидких осадков резко увеличивается с 19% в марте до 68% в апреле. Последний месяц весны характеризуется практически только жидкими осадками.

В летние месяцы ослабевает активность циркуляционных процессов в атмосфере и увеличивается роль солнечной радиации в формировании климата. Это обуславливает преобладание летом трансформационных процессов и, как следствие этого, увеличение внутримассовых осадков. Летом осадки чаще всего выпадают из кучево-дождевых облаков, от весны к лету повторяемость их увеличивается почти в два раза. В этот период в городе отмечается 212 мм осадков (на других станциях за тот же период наблюдается 200—220 мм осадков). В летний сезон выпадает осадков примерно на 70 мм больше, чем весной.

Максимум осадков в годовом ходе чаще всего наблюдается в летние месяцы, наиболее вероятен он в июле. В городе он достигает в среднем 74 мм, а в Пуше-Водице даже 77 мм, т. е. в июле осадков выпадает в два раза больше, чем в январе или феврале.

Изменчивость осадков летом особенно велика. Среднее квадратическое отклонение сумм осадков для летнего сезона равно 66 мм. Примерно в 70% всех летних сезонов суммы осадков изменяются от 146 до 273 мм. В отдельные наиболее дождливые летние месяцы в июле осадков может выпасть 200 мм и более.

В связи с большой изменчивостью месячных сумм осадков летом, помимо средних и экстремальных величин, большой интерес представляет вероятность сумм осадков в отдельные годы. Один раз в 20 лет месячная сумма осадков составляет в июле 150 мм, один раз в 10 лет — 120 мм и более. В наиболее сухие летние месяцы количество осадков один раз в 10 лет не превышает 30 мм. Наименьшие месячные суммы осадков летом составляют всего 5 мм. Таким образом, в наиболее сухие летние сезоны месячные суммы осадков могут составить менее 10% месячной суммы.

Наибольшее количество осадков выпадает в третьей декаде июня и первых двух декадах июля, наименьшее количество осадков выпадает в третьей декаде августа.

В летний сезон особенно часто (80%) выпадают ливневые осадки: в 18% — осадки смешанного характера и лишь в 8% — обложные осадки. Во второй половине лета, в августе, обложные осадки наблюдаются примерно в три раза чаще, чем в июне и июле. Необходимо отметить, что ливневые осадки выпадают несколько чаще днем, а обложные или обложные с ливневыми — ночью.

Осенью основная масса осадков выпадает из слоисто-дождевых, слоисто-кучевых, высоко-слоистых облаков (64%). Осадки моросящего характера связаны со слоистыми облаками (11%). Повторяемость кучево-дождевых облаков, дающих осадки, от лета к осени уменьшается в три раза и осенью составляет всего 8%. В этом сезоне при выпадении осадков заметно повышается повторяемость низких разорванных дождевых облаков (24%). В ряде случаев наблюдаются высоко-кучевые и высоко-слоистые облака (повторяемость за сезон 6,8%).

Среднее количество осадков за осень составляет в центре города 138 мм, или 22% годового количества. На других станциях в городе и пригороде выпадает 125—134 мм, только на станции Пуша-Водица количество осадков за этот сезон достигает 143 мм. В Борисполе осадков меньше, чем на других станциях, всего 119 мм.

Количество осадков в осенние месяцы убывает соответственно общему понижению температуры и влагосодержанию возду-

ха. Осенью осадков оказывается на одну треть меньше, чем летом (на 70 мм). Особенно резко уменьшается количество осадков от августа (66 мм) к сентябрю (46 мм за месяц), в остальные месяцы осени оно изменяется незначительно: в октябре 44 мм, ноябре 48 мм.

Диапазон колебаний месячных сумм осадков в отдельные годы очень велик: в наиболее влажные годы максимальное месячное количество осадков может достигать 150 мм (сентябрь 1923 г.). Избыток осадков осенью наблюдается в результате преобладания в течение сезона циклонической деятельности.

Осенью один раз в 50 лет за месяц может выпасть до 140 мм, один раз в 10 лет — около 100 мм.

Наибольшее количество осадков выпадает в первой декаде сентября — 17 мм, такое же количество наблюдается во второй декаде ноября. Наименьшее за декаду количество осадков отмечается в последней декаде сентября и первой декаде октября — 14 мм, в остальные декады осенних месяцев — 15—16 мм осадков.

Осенью ливневые осадки выпадают еще довольно часто: за этот сезон повторяемость их составляет 40%, но по сравнению с летом повторяемость их уже уменьшается в два раза. К концу осени частота выпадения ливневых осадков также понижается в два раза по сравнению с сентябрем. Осенью преимущественно выпадают обложные осадки (42%), и повторяемость их по отношению к летним месяцам увеличивается более чем в пять раз. Повторяемость смешанных осадков, когда ливневый дождь переходит в обложной или наоборот, осенью составляет 18%.

С понижением температуры, особенно к концу осени, увеличивается повторяемость выпадения твердых осадков. Последний месяц осени (ноябрь) характеризуется тем, что число дней с твердыми осадками возрастает до 4.

**Суточное количество осадков**<sup>1</sup>. В отличие от осадков за большие временные интервалы, суточные количества осадков обладают более выраженными локальными особенностями. Это дает возможность в какой-то мере выявить различия в характере выпадения осадков в отдельных районах большого города.

Средний суточный максимум осадков зимой в городе составляет 10—12 мм. В отдельные годы он может превосходить среднее значение в три и более раз, превышая 40 мм.

За сутки весной выпадает большее количество осадков, чем зимой, особенно четко это прослеживается к концу весны. В начале весны средний суточный максимум осадков составляет 12 мм. К концу весны в мае он возрастает до 19 мм, т. е. почти удваивается по сравнению с зимой (табл. 37). Весной за одни

<sup>1</sup> Эта часть раздела подготовлена И. Д. Лоевой.

Таблица 37

Суточный максимум осадков  $x$  (мм) различной вероятности

Месяц	$\bar{x}_{\text{макс}}$	$\sigma$	Вероятность, %						$x_{\text{макс}}$ наблюдений		
			63	20	10	5	2	1	мм	число	год
I	10	6,4	7	15	19	23	28	32	32	5,19	1960
II	10	8,0	7	14	19	23	30	36	42	18	1916
III	12	6,6	9	18	22	25	30	33	33	3	1900
IV	14	8,0	9	20	26	31	37	43	41	12	1924
V	19	12,5	13	28	37	46	58	70	79	6	1920
VI	25	14,5	17	36	47	56	70	83	83	15	1932
VII	25	15,5	16	35	47	60	80	96	103	20	1902
VIII	22	12,9	16	32	40	59	59	67	73	1	1968
IX	16	17,3	9	23	36	49	71	93	100	10	1936
X	15	10,0	10	21	28	35	45	53	50	21	1947
XI	15	10,9	10	23	29	35	43	40	49	2	1966
XII	12	7,3	8	17	21	26	33	38	41	16	1930

сутки может выпасть месячная сумма осадков, а в конце сезона в мае — даже 140% месячной суммы.

Число дней с суточным количеством осадков в наиболее сухое лето сокращается до 1—2 за летний месяц, т. е. оказывается в 4—5 раз меньше по сравнению с обычным годом. За сутки летом может выпасть 22—25 мм. Это значительно превосходит весенний суточный максимум осадков. Только в августе средний суточный максимум осадков незначительно уменьшается (до 22 мм), что превышает суточный максимум весны всего на 16%. Один раз в 5 лет суточный максимум осадков в каждый из летних месяцев может достигать 30 мм и более: в июне 36 мм, в июле 35 мм, а в августе 32 мм. Один раз в 10 лет суточный максимум осадков равен в июне и июле 47 мм и более, в августе 40 мм, а один раз в 100 лет — в июле почти 100 мм, в июне не менее 83 мм, а в августе 93 мм.

Зарегистрированный суточный максимум осадков летом в Киеве составлял 83 мм в июне 1932 г., 103 мм в июле 1902 г. и 73 мм в августе 1968 г., т. е. превосходил средний суточный максимум в 3,5—4 раза.

В летний сезон чаще, чем в другие сезоны, выпадают значительные и обильные осадки. Значительными осадками принято называть осадки более 8 мм за 12 ч. Дожди, дающие за сутки 30 мм и более осадков, относятся к обильным и являются опасными для народного хозяйства. Ущерб, наносимый народному хозяйству этими видами осадков, зависит от количества и продолжительности их выпадения, фазового состояния осадков, орографии, водно-физических свойств почвы, растительного покрова и т. д.

В среднем за год число полусуток со значительными осадками составляет 18, наибольшее их число наблюдалось в 1966 г.

(29), наименьшее — в 1963 г. (8). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) числа дней со значительными осадками равно 6 дням.

Значительные осадки в 46% выпадают в виде обложных, повторяемость ливневых оказывается несколько меньше (35%), на долю смешанных осадков приходится 19%. При выпадении значительных осадков наибольшую повторяемость имеют осадки с полусуточным количеством 8—11 мм. Наибольшая повторяемость ливневых осадков приходится на градацию 11,1—14,0 мм за 12 ч.

Интенсивность значительных осадков обложного характера или обложных, переходящих в ливневые, изменяется незначительно: в 95% от 0,011 до 0,030 мм/мин. Интенсивность значительных ливневых осадков варьирует в очень широком интервале без выраженного максимума.

Обильные осадки в Киеве и его окрестностях выпадают в основном в теплый период года (примерно 10% общей суммы осадков за этот период). Однако вклад их в общую сумму по месяцам не является одинаковым. В июне и июле они составляют более 12%, в октябре около 7%, а в апреле около 3%. В отдельных случаях осадки, выпавшие за сутки, могут превысить месячную сумму в несколько раз.

Наблюдаются обильные осадки не ежегодно. В 40% лет обильные дожди вообще не выпадают, а в отдельные годы их число может достигать 5. Наиболее часто обильные осадки в городе идут в июне—августе.

Количество осадков, выпадающих при обильных дождях, в среднем составляет 41—42 мм. Наиболее значительные дожди отмечаются в августе, в период наибольшего прогрева подстилающей поверхности. Очень сильные дожди — явление довольно редкое, более 60% обильных осадков не превышает 30—40 мм.

Продолжительность обильных дождей не превышает 12 ч (от 9,1 до 11,8 ч). На эту продолжительность приходится несколько более 50% всех обильных осадков. Наименьшая продолжительность обильных дождей составляет примерно 1 ч, а наибольшая — около 24 ч. Продолжительные обильные дожди в городе бывают редко. Только несколько более 10% обильных дождей имеют продолжительность более 20 ч. Среднее квадратическое отклонение продолжительности обильных осадков в городе и за городом составляет 6,6—7,1 ч.

Интенсивность обильных осадков колеблется в больших пределах. Среднее ее значение равно 0,15 мм/мин (19 июня 1962 г.) при минимуме 0,02 мм/мин и максимуме 1,75 мм/мин. Вероятность такой интенсивности составляет 30%. Интенсивные кратковременные ливни для Киева — явление очень редкое. В своем большинстве средняя интенсивность обильных осадков не превышает 0,20 мм/мин (90%).

Обильные осадки не обладают постоянной интенсивностью за весь период своего выпадения. Наиболее ливневая часть дождя в городе в основном не превышает 6 ч. За этот период в большинстве случаев выпадает 75—80% слоя всех осадков, за 3 ч наиболее ливневой части — 50—55%, а за 1 ч — 25—35%. При этом максимально возможная средняя интенсивность ливневой части дождя продолжительностью 1 ч составляет 0,33 мм/мин, продолжительностью 3 ч — 0,19 мм/мин, а продолжительностью 6 ч — 0,16 мм/мин. Эти значения рассчитаны по графику статистической связи между средней интенсивностью обильных дождей и средней интенсивностью ливневой части дождя для интервала 1, 3, 6 ч.

По характеру выпадения обильные осадки в Киеве могут быть ливневыми (35%), обложными (30%) и смешанными (35%). Выпадают они в основном при ветрах северной, северо-западной и западной составляющей.

Обильные осадки причиняют значительный ущерб народному хозяйству, размывая сельскохозяйственные угодья, разрушая дороги и строительные сооружения. Кроме того, они часто наблюдаются одновременно с другими опасными метеорологическими явлениями: грозой, градом, иногда сильными ветрами, что еще больше усиливает их неблагоприятное воздействие.

**Число дней с осадками.** Частота выпадения осадков характеризуется числом дней с осадками различной величины (табл. 38, рис. 21).

Таблица 38

Число дней с осадками различной величины

Месяц	Следы (0,0 мм)	Осадки, мм							Ливни		
		>0,1	>0,5	>1,0	>5,0	>10,0	>20,0	>30,0	>0,1	>1,0	>5,0
I	4,3	17,2	11,0	7,5	2,4	0,7	0,05	0,03	3,8	3,5	1,9
II	3,9	14,9	10,4	8,2	2,1	0,7	0,04	0,01	4,0	3,3	1,9
III	3,7	14,1	9,8	7,6	2,7	0,9	0,1	0,04	4,6	3,3	2,0
IV	2,8	12,0	9,5	7,9	3,0	1,2	0,2	0,04	4,3	3,3	2,0
V	2,6	12,6	10,2	8,5	3,4	1,5	0,4	0,1	3,7	3,2	1,9
VI	2,5	12,7	10,0	8,7	4,0	2,4	0,8	0,3	4,1	3,5	2,3
VII	2,1	13,3	10,7	9,2	4,4	2,7	0,7	0,3	4,0	3,4	2,2
VIII	2,1	12,2	10,0	8,6	4,0	2,0	0,7	0,2	4,2	3,4	2,1
IX	1,8	10,1	8,2	6,8	2,6	1,2	0,4	0,2	3,8	3,4	1,9
X	2,4	11,6	8,6	7,0	2,7	1,2	0,2	0,1	4,8	3,7	2,1
XI	3,4	15,0	10,4	8,0	2,9	1,3	0,3	0,1	3,9	3,8	2,1
XII	3,8	17,7	11,4	8,4	2,4	0,8	0,2	0,01	4,4	3,6	2,0
Год	35,4	163	120	97	37	16	4	1			

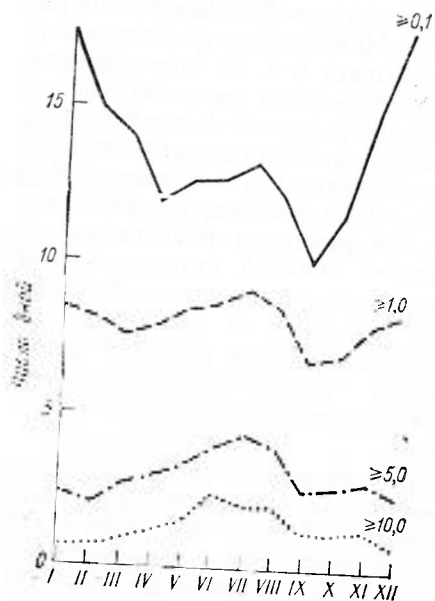


Рис. 21. Число дней с осадками 0,1, 1,0, 5,0, 10,0 мм и более.

Зимой в Киеве наблюдается в среднем 62 дня с осадками. Эти дни равномерно распределены по всему сезону, т. е. каждый зимний месяц имеет 20 дней с осадками. Из каждых трех дней зимой два дня идут осадки. Из указанных 62 дней 12 дней характеризуются очень незначительными осадками: за сутки их количество составляет менее 0,1 мм. Ежемесячно наблюдается по 4 дня с такими осадками.

Зимой в среднем отмечается 25 дней с суточным количеством осадков 1,0 мм и более, причем в каждом зимнем месяце таких дней 8—9, 7 дней с количеством осадков 5,0 мм и более и два дня с количеством осадков 10,0 мм и более. Расчеты показывают, что зимой для числа дней с осадками 0,1 мм и более среднее составляет 12 дней, для числа дней с осадками 1,0 мм и более — 10 дней и т. д.

В марте наблюдается до 8 дней с жидкими и смешанными осадками, из них четвертая часть отмечается при отрицательных температурах (см. табл. 36). Это приводит к замерзанию выпавших осадков на асфальтированной поверхности дорог и тротуарах. В апреле подобные условия наблюдаются редко.

В среднем за весну зафиксировано 39 дней с осадками, т. е. каждый третий, иногда второй день являются днями с осадками. Нередко в этот период осадки выпадают очень незначительные, т. е. неизмеримые (по три дня в каждом весеннем месяце).

Весной чаще, чем зимой, наблюдаются дни со значительным суточным количеством осадков ( $\geq 50$  мм,  $\geq 20$  мм,  $\geq 10$  мм), хотя общее количество дней с осадками весной меньше. В этом сезоне осадки становятся более обильными, хотя и менее частыми. При среднем количестве дней с осадками 0,1 мм и более за весну, равно 39,  $\sigma$  составляет 13 дней, т. е. не менее чем в 60% лет число дней с осадками колеблется от 26 до 52. Весной среднее количество дней с осадками 1,0 мм и более составляет 24,  $\sigma$  равно 10 дням. Весной в среднем отмечается 9 дней с суточным количеством осадков 5,0 мм и более ( $\sigma$  равно 6 дням). Из всех градаций только число дней со значи-

тельными осадками (10,0 мм и более) весной больше, чем зимой.

Летом, как и весной, наблюдается 38 дней с осадками (за сутки 0,1 мм и более) и 7 дней с незначительными дождями. Ежемесячно летом отмечается 12—13 дней с осадками. Количество дней с небольшими осадками (за сутки 0,1 и 0,5 мм и менее) летом такое же, как и весной, чаще наблюдаются осадки с суточным количеством 1,0 мм и более (26,5 дней). В этот сезон почти ежегодно в один из дней суточное количество осадков достигает 30 мм и более, весной такие обильные осадки хотя и наблюдаются, но значительно реже, около двух раз за 10 лет.

В дождливые летние сезоны число дней с суточным количеством осадков 0,1 мм и более может достигать в июне 22, в июле 23, в августе 21, т. е. превышать средние значения почти в два раза (как и весной), а число дней с осадками 1 мм и более — в июне 17, в июле 18 и в августе 17. Число дней с осадками 5 мм и более может достигать летом 10—11 дней ежемесячно.

Осенью 41% всех дней (или 37 дней) идут осадки. В этом сезоне отмечается почти 8 дней с незначительными осадками. Наиболее сухим осенним месяцем является сентябрь (10 дней с осадками 0,1 мм и менее).

В Киеве осенью отмечается 22 дня с суточным количеством осадков 1,0 мм и более. Ежемесячно осенью наблюдается по три дня с суточным количеством осадков 5,0 мм и более (летом таких дней не менее четырех в месяц) и в среднем четыре дня с осадками 10 мм и более. Осадки в осенние месяцы в целом менее обильные и менее интенсивные, чем летом, и более затяжные. Частота осадков летом и осенью одинаковая. Число дней с осадками резко меняется из года в год. В наиболее влажные годы оно достигало 20 в сентябре (1912 г.), 23 в октябре (1891 г.) и ноябре (1960 г.), т. е. в сентябре и октябре превышало норму в два раза.

В наиболее сухие осенние периоды дней с осадками наблюдается в несколько раз меньше среднего количества: в сентябре всего два дня, в октябре один, в ноябре четыре, т. е. в этих условиях в первую половину осени (сентябрь и октябрь) дней с осадками наблюдается даже меньше, чем в наиболее сухие летние сезоны.

В сентябре среднее квадратическое отклонение числа дней с осадками равно 17 мм, в октябре 10 мм, в ноябре 11 мм.

**Продолжительность осадков.** Одной из наиболее важных характеристик осадков является их продолжительность.

Для зимы характерно не только самое большое число дней с осадками, но и наибольшая их продолжительность (рис. 22). За три зимних месяца средняя продолжительность осадков равна 511 ч (табл. 39), или 43% годовой продолжительности. Наибольшая продолжительность (185 ч) осадков наблюдается в декаб-

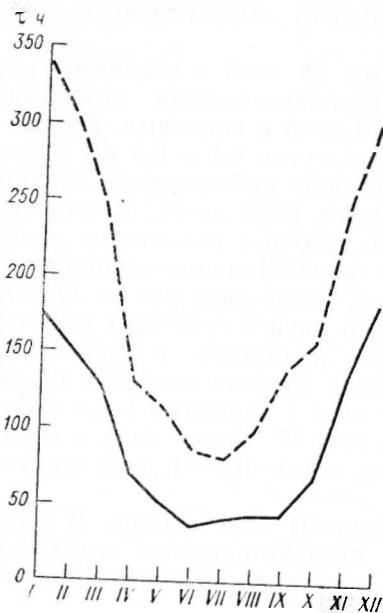


Рис. 22. Средняя (1) и наибольшая (2) продолжительность  $\tau$  (ч) осадков.

ре. В зимние месяцы четвертую часть всего времени идут осадки. Средняя продолжительность осадков в день с осадками составляет в декабре — феврале 10,1—10,4 ч. Зимой при большой продолжительности осадков и частой их повторяемости суммы осадков сравнительно небольшие. В этот период преобладают малоинтенсивные обложные и морозящие осадки затяжного характера. В отдельные годы продолжительность осадков ежемесячно зимой может превышать 300 ч.

В зимние месяцы только 28% всех дней являются днями без осадков, а в 17% дней выпадает очень незначительное их количество. Чаще всего зимой наблюдаются дни с суточным количеством осадков 0,1—5,0 мм; таких дней зимой почти половина.

Суммарная продолжительность осадков весной составляет 250 ч, или 21% годовой продолжительности (табл. 39). По сравнению с зимой продолжительность осадков уменьшается за сезон в два раза. Особенно кратковременны осадки в апреле и мае (продолжительность соответственно 70 и 52 ч).

В апреле осадки идут на протяжении 10% месячного времени, а в мае эта величина сокращается до 7% (зимой осадки охватывают 24% всего времени). Продолжительность осадков уменьшается от начала весны к ее концу со 128 до 52 ч за месяц. Наиболее резко сокращается продолжительность осадков от марта к апрелю. Средняя продолжительность осадков в день с осадками весной составляет 8,3 ч. В отдельные годы продолжительность осадков может заметно превышать указанную среднюю или быть меньше ее (табл. 39).

Суммарная продолжительность осадков летом составляет всего 124 ч, или 10% продолжительности за год, что вдвое меньше по сравнению с весной. В этом сезоне они имеют наименьшую за год продолжительность при наибольшей сезонной и месячной сумме. Средняя продолжительность осадков по месяцам характеризуется следующими величинами: в июне 37 ч, в июле 42 ч, в августе 45 ч. Наибольшая суммарная продолжительность осадков достигала 100 ч в августе 1936 г., т. е. составляла не менее двух норм за сезон.

Таблица 39  
Продолжительность  $\tau$  (ч) осадков

Месяц	Борисполь					Киев, обсерватория						
	$\tau_{\text{наим}}$	год	$n$	$\tau_{\text{наиб}}$	год	$\tau$ в день с осадками	$\tau_{\text{наим}}$	год	$n$	$\tau_{\text{наиб}}$	год	$\tau$ в день с осадками
I	50	1962	136	347	1966	2,3	64	1962	174	340	1966	10,1
II	36	1972	120	204	1970	2,6	28	1972	152	361	1952	10,2
III	30	1950	106	220	1971	2,9	35	1972	128	246	1964	9,1
IV	4	1948	64	131	1970	3,8	30	1945	70	133	1958	5,8
V	5	1936	47	118	1960	4,4	4	1936	52	115	1951	4,1
VI	8	1964	33	79	1941	5,7	8	1940	37	87	1949	2,9
VII	2	1936	45	106	1968	5,6	6	1936	42	82	1932	3,4
VIII	9	1939	44	94	1964	5,4	13	1939	45	100	1936	3,7
IX	3	1944	40	139	1968	4,6	5	1967	45	141	1968	4,5
X	9	1944	69	154	1952	3,8	11	1962	71	160	1952	6,1
XI	16	1958	119	253	1960	3,2	68	1953	137	252	1959	9,1
XII	48	1972	154	330	1970	2,3	47	1948	185	305	1936	10,5
Год	673	1951	1004	1602	1970	3,7	744	1972	1194	1539	1976	7,3

В наиболее сухие годы месячная продолжительность осадков была значительно меньше. Средняя продолжительность дождя в день с осадками в начале лета составляет около 3 ч, что почти в три раза меньше продолжительности весной. В конце лета она незначительно увеличивается до 3,5 ч.

Суммарная продолжительность осадков за осенние месяцы составляет 253 ч, или 21% годовой продолжительности. Она в два раза больше, чем летом. Средняя продолжительность осадков осенью возрастает в 2—3 раза. Продолжительность осадков от одного года к другому изменяется резко, особенно в сентябре и октябре.

Осенью осадки идут в течение 12% времени, а летом — только около 6% времени.

**Температурный и ветровой режим при выпадении осадков.** Зимой в дни без осадков преобладают средние суточные температуры  $-10,0 \dots +2,0^\circ\text{C}$  и скорости ветра 0—4 м/с.

В дни с осадками от 0,1 до 5,0 мм температура воздуха чаще всего изменяется от  $-14,0$  до  $+4,0^\circ\text{C}$  при скорости ветра 0—6 м/с.

При выпадении за сутки от 5,0 до 10,0 мм осадков температура воздуха находится в пределах  $-6,0 \dots +2,0^\circ\text{C}$  при ветре 0—6 м/с. Дни с суточным количеством осадков 10,0 мм и более зимой отмечаются очень редко — в среднем один, реже два дня. В эти дни температура при ветре 0—6 м/с колеблется от  $-8,0$  до  $+6,0^\circ\text{C}$ .

При выпадении осадков зимой в Киеве преобладают ветры северо-западных и западных направлений, довольно часто дуют и юго-восточные ветры. Наиболее редко наблюдаются ветры се-

веро-восточных, южных и юго-западных направлений. Зимние розы ветров как по направлению, так и по скорости при отсутствии осадков и при их выпадении весьма близки между собой. Наибольшую скорость зимой при осадках имеют западные, северо-западные, северные и восточные ветры. Средняя скорость ветра за зиму по этим направлениям составляет 3,3—3,5 м/с. Наименьшие скорости зимой при осадках имеют южные ветры (2,6 м/с).

Весной в дни без осадков преобладают средние суточные температуры от  $-2,0$  до  $18,0^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра 0—4 м/с. Эти дни составляют 78% общего количества дней без осадков. Из всех интервалов температуры и ветра наибольшую повторяемость (29%) в эти дни имеют средние суточные температуры от  $12,0$  до  $18,0^{\circ}\text{C}$  при ветре 0—4 м/с. При суточном количестве осадков 0,1—5,0 мм наибольшую повторяемость весной имеют дни, когда температура колеблется от  $-2,0$  до  $16,0^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра 0—4 м/с. Повторяемость таких дней составляет 58%. При выпадении значительных осадков (за сутки 10,0 мм и более) наибольшую повторяемость имеют дни с температурой  $0,0$ — $20,0^{\circ}\text{C}$  при ветре 0—6 м/с. Повторяемость дней с указанными температурно-ветровыми характеристиками составляет 67%. В дни без осадков или с незначительными осадками преобладают скорости ветра от 0 до 4 м/с (средние суточные), в дни с суточным количеством осадков 0,1 мм и более чаще наблюдаются ветры скоростью от 2 до 4 м/с.

Весной при выпадении осадков в Киеве, так же как и зимой, преобладают ветры северо-западной четверти. Наиболее редко отмечаются южные, юго-западные и северо-западные ветры со скоростями соответственно 3,6; 3,6 и 3,4 м/с. Наименьшую скорость при осадках в этом сезоне имеют юго-восточные и южные ветры (3 м/с).

Летом более 53% дней являются днями без осадков. В эти дни наиболее часто температура колеблется от 16 до  $26^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра 0—4 м/с. В 38% дней без осадков средняя суточная температура составляет  $18$ — $24^{\circ}\text{C}$  при ветре 0—2 м/с. В летние месяцы средняя суточная температура в дни с осадками в среднем на  $2^{\circ}$  ниже, чем в дни без осадков. В 26% летних дней выпадают осадки с суточным количеством 0,1—2,0 мм. Средняя суточная температура в эти дни изменяется от 12 до  $24^{\circ}\text{C}$  при ветре 0—6 м/с (85% дней). Больше половины этих дней имеют температуру  $14$ — $22^{\circ}\text{C}$  при ветре 0—4 м/с. В 7% летних дней суточное количество осадков равно 10 мм и более. Значительные осадки (71%) наблюдаются при температуре  $14$ — $22^{\circ}\text{C}$  и ветре 0—4 м/с.

Летом при выпадении осадков чаще всего отмечаются западные и северо-западные ветры, довольно часто — северные (общая повторяемость 61%), реже всего — южные и юго-восточные ветры (повторяемость соответственно 4 и 7%).

При осадках наибольшую среднюю скорость имеют западные ветры (3,5 м/с). Наименьшие скорости отмечаются у ветров юго-восточных, южных и восточных направлений (2,5 м/с). В летний сезон при осадках наблюдаются в среднем наименьшие скорости ветра в году. За лето в городе в 46% дней с осадками скорость ветра составляет 0—2 м/с; та же повторяемость характерна и для ветров скоростью 3—5 м/с.

Осенью в дни без осадков (51% общего количества дней) температура изменяется в интервале  $0$ — $20^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра 0—4 м/с. Такие температурно-ветровые условия наблюдаются в 69% дней без осадков. В дни без осадков чаще всего температура бывает  $6$ — $14^{\circ}\text{C}$ , а скорость ветра 0—2 м/с. В дни без осадков осенью средняя суточная температура воздуха и ее суточные колебания несколько выше, чем в дни с осадками.

При суточном количестве осадков 1—5,0 мм преобладают средние суточные температуры от 0 до  $14^{\circ}\text{C}$  при скорости ветра 0—4 м/с (55% дней). Значительные осадки (за сутки 10 мм и более) осенью в среднем выпадают в 4% всех дней, т. е. в осенние месяцы в среднем наблюдается 4—5 таких дней. В эти дни средняя суточная температура воздуха чаще всего колеблется от 6 до  $14^{\circ}\text{C}$  при скоростях ветра 0—4 м/с.

Преобладающими направлениями ветра при осадках осенью являются, как и летом, западные (22% случаев) и северо-западные (16%) ветры.

**Влияние города на выпадающие осадки.** Современный крупный промышленный город, как уже указывалось, оказывает большое воздействие на состояние нижних слоев атмосферы, в том числе на генезис осадков. В атмосферу города выделяется большое количество тепловой энергии, всевозможных аэрозолей, газообразных примесей, что способствует росту турбулентного перемешивания в пограничном слое, развитию восходящих и нисходящих движений воздуха над городом. Все это сказывается на таких процессах, как облако- и осадкообразование.

Для определения влияния города на количество осадков и их продолжительность были вычислены ежемесячные величины осадков за последние 25 лет (1951—1975 гг.) по станциям, расположенным в Киеве и его пригородах. Были определены также коэффициенты корреляции между средними величинами осадков, измеренными на станциях Киев, Пуца-Водица, Немешаево и Борисполь и на опорной метеостанции Киев, обсерватория (табл. 40). Коэффициенты корреляции оказались высокими (0,70—0,97), что свидетельствует о тесной связи между величинами осадков, измеренными на разных станциях города и пригорода.

Годовые суммы осадков, осредненные за последние 25 лет, превышают годовую норму [102] на 9—16 мм (или на 1,5—2,5%). Только на станции Киев, Пуца-Водица это превышение составляет 52 мм (или 8%). Зимой за рассматриваемый период

Таблица 40

Коэффициент корреляции между средним количеством осадков, измеренным на станциях Киева и его окрестностей (по М. Б. Барабаш)

Станция	Зима	Весна	Лето	Осень
Киев, Пуца-Водница	0,97	0,71	0,82	0,97
Киев, обсерватория				
Немешаево — Киев, обсерватория	0,91	0,78	0,83	0,94
Борисполь — Киев, обсерватория	0,84	0,70	0,74	0,81

осадков в среднем ежегодно выпадает на 20—29 мм больше многолетних, исключение составляет станция Немешаево, по которой превышение достигает 11 мм. Более существенное увеличение количества осадков отмечается в декабре и январе. Это объясняется тем, что с 50-х годов измерение осадков производится осадкомером, который лучше улавливает твердые осадки, чем дождемер.

За этот же период весной осадков ежемесячно выпадает меньше нормы на 6—13 мм. Недобор осадков происходит главным образом в марте и апреле. Летом в среднем выпадает количество осадков, близкое к норме, причем в июне на всех станциях отмечается их наименьшее количество (на 4—11 мм ниже нормы), а в июле и августе — несколько большее. Осенью количество осадков несколько превышает норму (на 2—17 мм). Исключение составляет Борисполь, где в среднем ежемесячно не только осенью, но и летом отмечены меньшие по сравнению с нормой суммы осадков.

В зимние месяцы в центре города среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) составляет 24—26 мм (64% месячной нормы). Весной  $\sigma$  увеличивается от 22 мм в марте до 28 мм в мае, что в среднем составляет 55% месячной нормы. Летние месяцы характеризуются наибольшей за год изменчивостью осадков: в каждый летний месяц среднее квадратическое отклонение равно 40 мм. Осенью изменчивость месячных сумм осадков сохраняется весьма высокой, хотя и несколько уменьшается по сравнению с летом. В среднем в каждый осенний месяц она составляет 30 мм.

Необходимо отметить, что в среднем за последние 25 лет годовой ход количества осадков близок к многолетнему. На всех станциях средний годовой максимум осадков наблюдался в июле. Годовой минимум оказался незначительно сдвинутым с февраля на март, апрель. Экстремальные месячные суммы осадков на всех станциях хорошо согласованы друг с другом, т. е. максимальное или минимальное месячное количество осадков на всех станциях наблюдалось почти одновременно, только в

теплое время года отмечалось значительное расхождение в датах выпадения осадков.

Следует сказать также, что месячные, сезонные и годовые средние суммы осадков, вычисленные за 25 лет, распределены по территории города достаточно равномерно, хотя за отдельные месяцы и годы их величины могут существенно отличаться друг от друга. В последние годы отмечена тенденция к увеличению количества осадков на левобережье города (в Дарнице). При сопоставлении месячных и сезонных сумм осадков, средних за 25 лет, по станциям, расположенным в центре Киева и его пригороде, видно, что для условий города характерны более высокие суммы осадков. Ежемесячно в городе осадков выпадает больше. В отдельные месяцы эта разность может достигать 15 мм.

Наибольшая за сезон разность в сумме осадков город — окрестности приходится на зиму — 39 мм, летом и весной она составляет примерно 30 мм, а осенью уменьшается до 19 мм.

В целом за год в центральной части города осадков выпадает примерно на 50 мм больше, чем на его окраине или в пригороде. На станции Борисполь их выпадает в среднем даже на 115 мм меньше, чем в центре города. Здесь сказывается как влияние города, так и открытость метеоплощадки в Борисполе.

Некоторое повышение количества осадков в городе по сравнению с окрестностями в теплый период, когда фактор закрытости станций проявляется значительно меньше, свидетельствует о том, что в городе вообще создаются более благоприятные условия для их формирования.

Средний суточный максимум осадков за последние 25 лет во все месяцы в центре города выше, чем в пригороде. Превышение составляет чаще всего 2—4 мм, только во второй половине лета и осенью разница достигает 5 и даже 6 мм, т. е. 20—30%.

Наибольший суточный максимум осадков (за 1951—1975 гг.) в месяцы холодного периода как в центре города, так и за городом очень близок между собой и в ряде случаев наблюдается одновременно.

В теплый период во все месяцы суточный максимум в центре города выше, чем за городом на 10—30 мм. Указанное обстоятельство также свидетельствует о большой интенсивности процессов осадкообразования над центром города.

Продолжительность осадков, средняя за месяц, сезон и год, в городе значительно больше, чем за его пределами. Средняя годовая продолжительность осадков в центре города на 190 ч (46%) больше, чем за городом (см. табл. 39). Причем наибольшая разность наблюдается зимой: за зимние месяцы продолжительность осадков в центре города оказывается больше на 101 ч.

Летом продолжительность осадков за городом (122 ч) лишь незначительно отличается от продолжительности в городе (124 ч). В переходные сезоны в первой половине весны и во второй по-



ловине осени наблюдаются заметные различия в продолжительности осадков, которые составляют 18—22 ч за месяц, а во второй половине весны и первой половине осени они равны всего 2—6 ч.

Наибольшая продолжительность осадков за год отмечена в центре города и за городом в январе: в городе 340 ч, за городом 347 ч, что значительно превышает норму. Наименьшая продолжительность осадков в году приходится на теплый период (с мая по сентябрь включительно) как в центре Киева, так и в пригороде. Минимальная продолжительность отмечалась в июне и составляла в центре Киева всего 37 ч (5% месячной нормы), а за городом еще меньше — 33 ч. В остальные месяцы теплого периода суммарная продолжительность осадков несколько больше: в центре города — 42—52 ч, а за городом — 40—47 ч. В наиболее сухой летний сезон 1936 г. минимальная суммарная продолжительность осадков составила в июле всего 6 ч в центре Киева и 2 ч в пригороде.

Число дней с осадками различной величины (0,1; 0,5; 1,0; 5,0 мм и более) по всем градациям во все месяцы в центре города больше, чем за городом. Причем в теплое полугодие разница существенно меньше, чем в холодное.

По сравнению с окрестностями в городе число дней с осадками 0,1 мм и более за год на 21 день больше (или на 13%), число дней с осадками 0,5 мм и более на 16 дней больше (или на 14%), число дней с осадками 1,0 мм и более на 15 дней больше (или на 16%) и, наконец, число дней с осадками 5,0 мм и более на 8 дней больше (или на 22%), чем за городом. Эти данные позволяют сделать вывод, что разница между числом дней с осадками в центре города и за городом увеличивается с увеличением суточного количества осадков с 13 до 22%. Осадки за городом являются менее обильными, чем в центре города. Особенно хорошо это видно на примере месяцев холодного периода.

Для того чтобы выяснить, как большой город влияет на повторяемость различного вида осадков по месяцам, выполнено сравнение данных за периоды 1894—1964 и 1936—1964 гг. по станции Киев, обсерватория. Первый период — это годы, за которые Киев из сравнительно небольшого города с плохо развитой промышленностью превратился в крупнейший промышленный центр СССР. Второй период включает только последний отрезок времени в развитии города.

Анализ данных показал, что повторяемость твердых осадков за весь холодный период по мере развития промышленности города уменьшается, причем в зимние месяцы это уменьшение составляет 8—18%, а в весенне-осенние — 1—6% ежемесячно.

Повторяемость смешанных осадков за холодный период по той же причине увеличивается в зимние месяцы на 8—13%, в весенне-осенние на 1—8%. Эти изменения в структуре осадков

связаны повышением температуры в городе по сравнению с температурой в окрестностях.

**Увлажнение стен зданий атмосферными осадками.** В связи с интенсификацией как гражданского, так и промышленного строительства, особую актуальность приобрел вопрос о количестве осадков, выпадающих на вертикальные поверхности стен, а также на наклонные поверхности перекрытий.

Дождь не всегда падает вертикально, нередко он образует некоторый угол с вертикальными поверхностями, величина которого зависит от скорости ветра, характера капель и некоторых других факторов. В результате этого происходит смачивание осадками наружных стен зданий, наклонных поверхностей перекрытий, причем часть осадков стекает, а часть впитывается стенами, особенно если они пористые или имеют швы. От этого ухудшается структура стен, разрушаются фасады зданий, происходит коррозия стальных конструкций.

Для того чтобы выявить долю дождей, падающих под углом, так называемых «косых» дождей, были рассчитаны средние многолетние величины жидких осадков (мм), поступающих на вертикальные поверхности в центре Киева по данным наблюдений метеостанции Киев, обсерватория.

В среднем за год в центре Киева на долю косых дождей приходится 63 мм осадков, или 10% общего количества дождей, поступающих на горизонтальные поверхности. На окраинах города и за его пределами из-за усиления ветра доля косых дождей значительно возрастает.

Приближенный расчет количества жидких осадков, попадающих на вертикальные поверхности, был произведен по формуле, предложенной Ц. А. Швер:

$$x_v = (1,4P_1 + 2,4P_2 + 3,0P_3)x,$$

где  $x_v$  — количество осадков на вертикальную поверхность;  $x$  — общее количество осадков;  $P_1, P_2, P_3$  — повторяемости скоростей ветра в градациях 6—9, 10—14 и 15 м/с и более. Повторяемость скоростей ветра 6 м/с и более во время выпадения жидких осадков в центре Киева очень небольшая и составляет в январе 0,14, в апреле 0,15, в июле 0,07, в октябре 0,18. В Борисполе она значительно выше и соответственно равна 0,48; 0,36; 0,18; 0,36, т. е. в 2,5—3,5 раза больше. Аналогичным образом изменяется доля косых дождей.

Таким образом, в условиях такого крупного города, как Киев, стены зданий и другие вертикально стоящие конструкции особенно активно смачиваются выпадающими дождями на окраине города. Это необходимо иметь в виду при перспективном планировании дальнейшего развития города и застройке новых территорий.

### 5.3. Снежный покров

В холодный период года часть осадков выпадает в виде снега. Снежный покров хорошо защищает почву от холода, так как обладает малой теплопроводностью. Коэффициент теплопроводности свежевыпавшего снега меньше, чем слежавшегося. Поэтому глубина промерзания почвы под снежным покровом, если зимние морозы начались после его образования, всегда меньше.

Снежный покров обладает большой способностью отражать солнечную радиацию, но в то же время инфракрасную радиацию он поглощает и излучает сам, что обуславливает сильное выхолаживание прилегающих к снежному покрову слоев воздуха. Последнее способствует образованию весной приземных снежных инверсий. Общее охлаждение воздуха над обширными территориями приводит к возникновению устойчивых холодных местных антициклонов.

Наличие снежного покрова увеличивает относительную влажность воздуха вследствие его охлаждения и добавочного увлажнения при испарении снега. Значительное влияние снежный покров оказывает на формирование температурного режима в холодный период года. После его установления в ясные и тихие ночи обычно наблюдается похолодание. Кроме того, снежный покров влияет некоторым образом и на образование облачности.

Снег, отлагаясь в больших количествах во впадинах и возле различных преград для ветра, тем самым выравнивает и сглаживает подстилающую поверхность, отчего уменьшается ее шероховатость и возрастает скорость ветра.

Условия залегания снежного покрова характеризуются его высотой, плотностью и запасами воды в снеге. Не меньший интерес представляют и другие показатели — даты наступления различного состояния снежного покрова, образования устойчивого снежного покрова, его разрушения и схода [52].

Сильные снегопады создают затруднения для городского хозяйства, нарушают движение автотранспорта, повреждают деревья. Примерами сильных снегопадов могут служить снегопад 1—3 ноября 1966 г., когда в Киеве и Киевской области выпало 24—49 мм осадков, снегопад 25—26 февраля 1968 г., когда за 24 ч выпало 27 мм осадков, а также снегопад 17—18 января 1970 г., в течение которого за 26,5 ч выпало 48 мм осадков.

Для целей градостроительства важным показателем является частота интенсивных снегопадов. Установлено, что в районе Киева наблюдается от 8 до 18 снегопадов. Во время снегопада на защищенных участках формируется снежный покров высотой от 10 до 16 см, но в ряде случаев его высота превышает 30 см.

Снежный покров в Киеве имеет своеобразный характер залегания. Парки и высотные строения города защищают снег от сдувания и перемещения. Уменьшение в городе скорости ветра,

которая обычно способствует уплотнению снежного покрова, замедляет рост плотности. Это приводит к тому, что в пределах города могут изменяться сроки появления и схода снежного покрова.

В среднем в Киеве наблюдается 102 дня со снежным покровом. В отдельные зимы эта величина может колебаться от 23 (1937-38 г.) до 160 дней (1908-09 г.). Изменчивость ( $\sigma$ ) числа дней достигает 24,6, а коэффициент вариации ( $C_v$ ) равен 0,24.

Частоту числа дней со снежным покровом различной вероятности в течение каждого месяца можно определить по рис. 23.

Так, снежный покров в январе бывает в 60% зим, в феврале — в 30%, а в марте — в 15%, в декабре — в 20%. Иногда (5% зим) уже в октябре наблюдается 5 дней со снегом, а в апреле с той же вероятностью отмечается 10 дней.

Осенью снежный покров в городе устанавливается не сразу. Обычно это происходит 15 ноября, т. е. на неделю раньше устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C. Самое раннее появление снежного покрова отмечалось 27 сентября (1906-07 г.). Но были годы, когда он появлялся лишь 1 января (1901-02 г.). Изменчивость ( $\sigma$ ) дат составляет 17,5 дней, а коэффициент вариации ( $C_v$ ) равен 0,23 (табл. 41).

Обычно через месяц после выпадения первого снега в Киеве образуется устойчивый снежный покров. В отдельные годы предзимье может продолжаться 96 дней (1971-72 г.), а иногда совершенно отсутствовать. Устойчивый снежный покров в самом городе образуется несколько раньше, чем за городом, где очень тонкий первоначальный снежный покров в открытых незащищенных условиях переметается, смешивается с землей и классифицируется как временный. В городе же сдувание снега не происходит, в результате чего снежный покров устанавливается раньше. Средняя дата образования устойчивого снежного

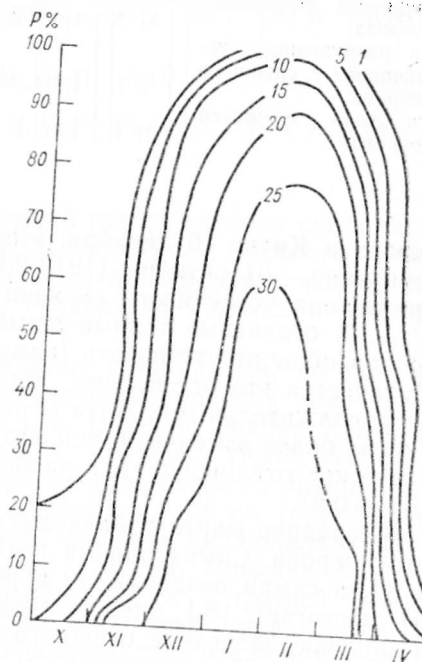


Рис. 23. Изоплеты числа дней со снежным покровом различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

Таб

Основные характеристики снежного покрова

Показатель	Наиболее ранняя дата	Зима	Средняя дата	$\sigma$	$C_v$	Веро	
						5	10
Дата появления снежного покрова	27 IX	1906-07	15 XI	17,5	0,23	12 X	19 X
Дата образования устойчивого снежного покрова	31 X	1919-20	16 XII	20,9	0,27	14 XI	19 XI
Дата разрушения устойчивого снежного покрова	3 II	1893-94	14 III	18,1	0,42	6 II	14 II
Дата схода снежного покрова	21 II	1902-03	31 III	12,6	0,21	7 III	14 III

покрова в Киеве 16 декабря. Иногда он может образоваться очень рано — 31 октября (1919-20 г.). Наиболее поздняя дата образования устойчивого снежного покрова 22 февраля (1898-99 г.). В отдельные теплые зимы устойчивый снежный покров может вообще отсутствовать (зимы 1924-25, 1933-36 и 1947-48 гг.). Объясняется это оттепелями, которые в эти годы были особенно продолжительными. Дата образования устойчивого снежного покрова более изменчива, чем дата его появления, среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) равно 20,9, коэффициент вариации ( $C_v$ ) — 0,27.

В середине марта происходит разрушение устойчивого снежного покрова. Самая ранняя дата отмечалась 3 февраля (1893-94 г.), а самая поздняя — 12 апреля (1895-96 г.). Изменчивость ( $\sigma$ ) достигает 18,1 дней, коэффициент вариации ( $C_v$ ) — 0,42. Устойчивое залегание снежного покрова продолжается в среднем 88 дней. В холодные годы продолжительность залегания устойчивого снежного покрова значительно больше и может достигать 142 дней (1908-09 г.), а в теплые и малоснежные годы сокращается до 17 дней (1898-99 г.).

После перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C отмечается сход снежного покрова (в конце марта). Даты схода снежного покрова могут изменяться в пределах 12,6 дней. Наиболее ранний сход снежного покрова возможен 21 февраля (1902-03 г.), а наиболее поздний — 4 мая (1964-65 г.). Снежный покров залегает в городе довольно продолжительное время — 135 дней, но может лежать и дольше — 193 дня (1906-07 г.). Возможно и непродолжительное залегание снежного покрова — до 77 дней (1901-02 г.). В Киеве через 17 дней после разрушения устойчивого снежного покрова он полностью исчезает.

табл. 41

и вероятность их выше указанных пределов

Вероятность, %									Наиболее поздняя дата	Зима
20	30	40	50	60	70	80	90	95		
30 X	7 XI	13 XI	18 XI	22 XI	25 XI	30 XI	6 XII	11 XII	1 I	1901-02
27 XI	6 XII	10 XII	14 XII	18 XII	24 XII	31 XII	12 I	26 I	22 II	1898-99
26 II	5 III	13 III	19 III	22 III	27 III	31 III	5 IV	8 IV	12 IV	1895-96
20 III	25 III	28 III	31 III	3 IV	8 IV	12 IV	15 IV	17 IV	4 V	1964-65

Иногда полное освобождение земной поверхности от снега затягивается до 69 дней (1956-57 г.). Весенний сход снежного покрова в городе происходит на несколько дней раньше, чем на его окраинах из-за более высоких температур воздуха и поверхности снега.

Первый снежный покров обычно незначителен по высоте, но с установлением устойчивого снежного покрова высота его начинает постепенно увеличиваться. В конце ноября в городе она составляет в среднем 3 см, на его окраине (Киев, Багринова гора) — 2 см. В конце декабря высота снежного покрова достигает 8 см, в январе — 15 см, в феврале — 20 см (рис. 24). В зиму 1939-40 г. во второй декаде февраля наблюдалась наибольшая высота снежного покрова (75 см). Средняя из наибольших декадных высот за зиму равна 28 см. С третьей декады февраля высота снежного покрова постепенно уменьшается. В первой же декаде апреля снег интенсивно тает и к концу декады он остается менее чем на 50% территории.

Измерения показали, что при высоте снежного покрова 10—11 см на станции Киев, обсерватория после отдельных снегопадов на улицах и площадях города снежный покров имел высоту от 0 до 23—30 см, причем наблюдались и значительные колебания плотности снега (0,25—0,48 г/см<sup>3</sup>) и запасов воды в снежном покрове (10—40 мм), вызванные перепадами скоростей ветра и интенсивности турбулентности воздуха, а также влиянием потоков тепла от зданий и подземных сооружений. Снегоземки на полевых участках в Борисполе и станции Киев, Багринова гора за 1956—1965 гг. дали близкие данные о максимальных высотах снежного покрова (31—34 см) и плотности снега (0,38—0,45 г/см<sup>3</sup>).

Высоту снежного покрова важно знать при организации работ по уборке снега, определении нагрузок на крыши домов, скорости движения транспорта, глубины промерзания почвы и т. д. Глубину промерзания, определяемую высотой и характером залегания снежного покрова, следует учитывать при прокладке трубопроводов, при закладке фундаментов зданий.

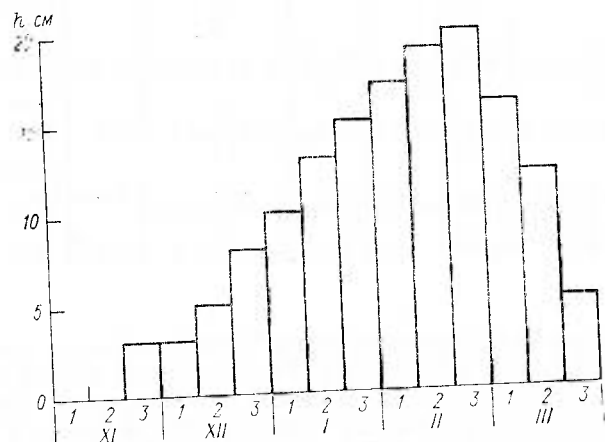


Рис. 24. Годовой ход средней декадной высоты снежного покрова  $h$  (см) по постоянной рейке.

Плотность снежного покрова зависит от состояния погоды. Средние величины плотности в декабре, когда свежеснеживший снег не успел еще уплотниться, в среднем составляют  $0,20 \text{ г/см}^3$ . В марте происходит таяние снежного покрова и его уплотнение, в это время плотность достигает  $0,25—0,35 \text{ г/см}^3$  [53, 102].

К началу весеннего снеготаяния в снеге накапливаются наибольшие запасы воды. Средний из наибольших за зиму запасов воды составляет 37 мм. В течение холодного периода запас воды изменяется от 9 до 16 мм.

#### 5.4. Метели

Метель — это перенос снега над земной поверхностью ветром достаточной силы (4—5 баллов). Различают общую и низовую метели и поземок. Общая метель наблюдается при сильном ветре с выпадением снега. Низовая метель — перенос сухого, ранее выпавшего снега, который под воздействием сильного ветра поднимается с поверхности земли до высоты нескольких метров. Поземок — явление переноса ранее выпавшего снега непосредственно в прилегающем к земной поверхности слое. Ниже рассмотрены общая и низовая метели.

Чаще всего метели возникают при выходе циклонов с юга и юго-запада. Наиболее интенсивные метели наблюдаются в зоне теплых фронтов при восточных и юго-восточных ветрах. Кроме того, метели бывают и при перемещении ложбин или отдельных циклонов с севера, северо-запада и запада, а также при стационаровании области низкого давления над Черным морем и развитии антициклона над ЕС [24].

Метель является опасным явлением погоды для различных отраслей народного хозяйства. Ухудшая видимость и образуя сугробы снега, метели создают большие затруднения в эксплуатации воздушного, автомобильного и железнодорожного транспорта. Так, по Киеву и Киевской области интенсивные снегопады и метели наблюдались 10—13 февраля 1969 г. Снегопады длились 21—24 ч, при этом осадков выпало 20—42 мм. Продолжительность метелей составила 30—52 ч при скорости ветра 15—20 м/с (порывы до 25 м/с); метели ухудшили видимость до 90 м. Из-за заносов прекратилось движение автотранспорта городского и республиканского значения. Опасные явления были вызваны следующими синоптическими условиями: на северо-востоке республики наблюдалось усиление отрога сибирского антициклона, в районе Черного моря господствовал циклон, в результате чего в центральных районах создались большие барические градиенты (4—8 мбар/111 км). Кроме того, вынос на высоте теплого, влажного воздуха с районов Черного моря при одновременном затоке в приземном слое по периферии антициклона холодного воздуха привел к формированию квазистационарного фронта с облачной системой типа Ns — As, выпадению осадков и возникновению метелей. Возникшие опасные явления нанесли существенный ущерб народному хозяйству.

Метели в Киеве наблюдаются с октября по апрель (табл. 42).

Таблица 42  
Число дней  $n$  с метелью

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{наиб}}$	Год
X	0,09	0,33	2	1920
XI	0,7	1,17	5	1956
XII	1,8	2,0	9	1927
I	3,0	2,66	9	1923, 1966
II	3,2	2,48	9	1923, 1965
III	2,0	2,03	8	1922
IV	0,4	0,94	5	1944
Год	11,2	6,66	30	1922-23

На метелевую деятельность большое влияние оказывают местные условия, особенно защищенность пункта. Интенсивные и продолжительные метели отмечаются на открытых и возвышенных местах. Наибольшее число дней с метелью приходится на

январь—февраль; среднее число таких дней в эти месяцы в центральной части города равно трем, а на окраинах оно увеличивается до 6—7 дней. Наибольшее число дней с метелью в январе—феврале достигает в центральных районах 9, а на окраинах 15 дней.

Среднее число дней с метелью за год составляет 11 дней в центральных районах города, увеличиваясь в окрестностях до 20 дней и более. Наибольшее число таких дней за год по Киеву колеблется от 30 до 45 дней.

Показателем изменчивости числа дней с метелями является среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ , которое для зимних месяцев составляет 2—3 дня. Осенью и поздней весной этот показатель снижается и составляет меньше одного дня.

Интегральная кривая на рис. 25 дает возможность определить число дней с метелью за год различной вероятности. Сни-

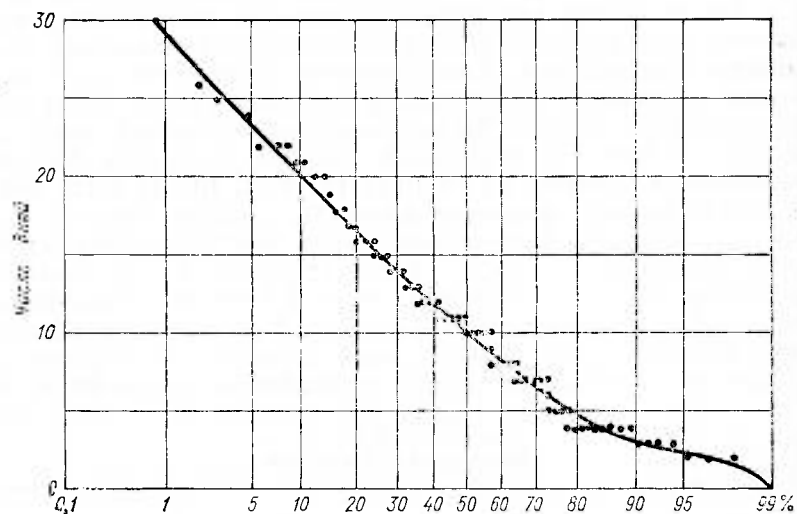


Рис. 25. Интегральная кривая числа дней с метелью различной вероятности (%) выше указанных пределов. Год.

мая данные с кривой, мы получаем, что один раз в 10 лет число дней с метелью составляет 30 дней, один раз в два года — 10 дней, а ежегодно в зимний период может наблюдаться один день с метелью. На интегральной кривой по станции Борисполь имеется некоторый разброс точек и число дней, повторяющееся один раз в 10 лет, возрастает по сравнению со станцией Киев, обсерватория до 45 дней. Следует отметить, что один раз в два года наблюдается 23 дня, а ежегодно зимой может наблюдаться 5 дней.

Повторяемость числа дней с метелями в отдельные месяцы представлена в виде поля изоплет на рис. 26.

Наиболее метелевыми месяцами являются декабрь, январь и февраль. Наибольшее число дней в каждый из этих месяцев равно 9. Снижение максимального числа дней с метелями наблюдается в ноябре, апреле до 5 дней, в октябре до 2 дней.

Данный график дает возможность определить вероятность повторяемости числа дней с метелями за отдельные месяцы. Так, повторяемость 5 дней в январе—феврале составляет 25%, в марте снижается до 10%, а в декабре — до 5%. Повторяемость 3 дней наибольшая в феврале и составляет 70%. В декабре, январе, марте она снижается до 10—15%, а в ноябре, апреле — до 10—15%.

Возникновение метелей возможно в любую часть суток, однако наиболее вероятны они от 6 до 18 ч.

Важной характеристикой метелей является ее продолжительность. Метели в Киеве бывают от 15 ч до 2 суток. Средняя продолжительность одной метели в день с метелью ( $\tau$ ) составляет для Киева 5—6 ч, а среднее квадратическое отклонение равно 5,5 ч (табл. 43). Значительную изменчивость продолжительности метелей подтверждает коэффициент вариации, величина которого немного более единицы.

Наибольшей повторяемости (49%) достигают метели длительностью менее 3 ч. Метели продолжительностью более 24 ч

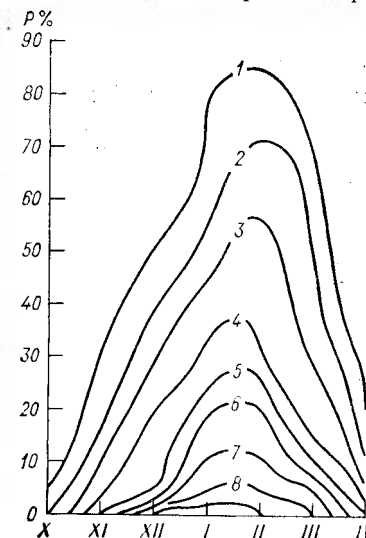


Рис. 26. Изоплеты числа дней с метелью различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

Таблица 43

Продолжительность  $\tau$  (ч) одной метели и ее повторяемость (%) в различных пределах

$\tau$	$\sigma$	$C_v$	Продолжительность, ч								$\tau_{\text{наиб}}$	Дата	
			<3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24			>24
5,1	5,5	1,08	49	23	14	5	2	1	2	1	3	40,5	22—24 XII 1938 г.

бывают всего в 3%. Максимальная продолжительность метелей приходится на декабрь (более 40 ч). Длительные метели также наблюдаются в феврале, марте (более 30 ч).

Особо опасными являются метели продолжительностью 12 ч и более. Их повторяемость в среднем за год в Киеве составляет 2 дня, а максимальное число достигает 4—5 дней. Средняя продолжительность одной метели в день с метелью 27—28 ч.

При исследовании ветрового режима при метелях установлено, что преобладающими направлениями являются ветры восточной составляющей, а также ветры северной четверти. Следует отметить, что при метелях наибольшая повторяемость (54%) приходится на скорость ветра от 6 до 9 м/с. Ветер со скоростью 10 м/с и более наблюдается при метелях в 26%.

Наибольшая повторяемость (73%) температур воздуха при метелях приходится на диапазон от  $-10$  до  $0^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  при метелях наблюдается 6% дней, а ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  — 21% дней.

## 6 РЕЖИМ ОБЛАЧНОСТИ И АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 6.1. Облачность

Облачность, являясь одним из важных элементов погоды и климата, ограничивает приток солнечной радиации днем, уменьшает выхолаживание земной поверхности в ночное время. От ее характера зависит не только выпадение осадков, но в значительной мере их вид, интенсивность и продолжительность. Образование и распад облачных форм позволяют судить о характере атмосферных процессов в данном районе.

Все многообразие облаков, исходя из их форм, принято делить на 10 родов, которые в зависимости от высоты нижнего основания объединены в три яруса. Верхний ярус — перистые, перисто-слоистые и перисто-кучевые облака. Они располагаются выше 6 км над поверхностью земли. Это тонкие, белые, просвечивающие облака в виде загнутых перьев или вуали. Они состоят из ледяных кристаллов.

К среднему ярусу относятся высоко-кучевые и высоко-слоистые облака, основания которых находятся на высоте 2—6 км. Это более плотные белые или светло-серые облака, состоящие из капелек воды, при низких температурах — переохлажденных, но в них могут появляться и ледяные кристаллы. Солнце сквозь эти облака может слабо просвечивать.

К нижнему ярусу принадлежат наиболее плотные и мощные облака — слоисто-кучевые, слоистые и слоисто-дождевые. Высота их нижней границы менее 2 км. Они имеют вид серых или белых слоев и гряд почти всегда с более темными частями, солнце сквозь них просвечивает редко.

Облака вертикального развития — кучевые и кучево-дождевые — относятся к облакам нижнего яруса. Нередко их верхние части проникают в средний и верхний ярусы, но основание их располагается в нижнем.

При изучении облачности обычно рассматривается ее количество на небосводе по 10-балльной шкале, форма облаков и высота их нижней границы.

В холодное полугодие преобладает пасмурная погода (в 10 баллов), в декабре максимум повторяемости такой по-

годы по общей облачности 83%, по нижней 71%, а в теплое полугодие наблюдается ясное (0—2 балла) и полужасное (3—7 баллов) состояние неба. Максимум повторяемости ясной погоды по нижней облачности (62%) отмечается в июле и сентябре, в летние месяцы ясное и полужасное состояние неба составляет 79—80%.

Суточный ход облачности выражен в течение всего года, причем, как правило, в холодный период суточный ход повторяемости ясного и пасмурного состояния неба выражен менее резко.

В это время года в результате возникновения инверсий в свободной атмосфере в ночные и утренние часы и связанной с ними подынверсионной облачности слоистых форм наблюдается наибольшая повторяемость пасмурного состояния неба. Наименьшая облачность в холодный период года отмечается в вечерние часы.

Суточные амплитуды повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности колеблются зимой от 3 до 11%, летом от 19 до 21%, по нижней облачности они мало изменяются в течение года: зимой от 6 до 11%, летом от 10 до 13%. Суточные амплитуды повторяемости ясного состояния неба зимой как по общей облачности, так и по нижней незначительно отличаются от суточных амплитуд повторяемости пасмурного состояния неба. Летом они выражены значительно резче: по общей облачности — от 38 до 51%, по нижней — от 39 до 45%.

В теплый период года отчетливо выражен максимум повторяемости ясного состояния неба в ночные часы, когда отсутствует конвекция, и минимум в дневные, когда конвективные процессы наиболее развиты.

Годовой ход числа ясных и пасмурных дней как по общей, так и по нижней облачности выражен довольно отчетливо. Число ясных дней по общей и нижней облачности максимально в июле — сентябре, минимально — в ноябре и декабре. Число пасмурных дней имеет противоположный годовой ход. Наибольшее их число наблюдается в холодный период года с максимумом в декабре, а наименьшее — в теплый период с минимумом в июле.

Годовой ход повторяемости различных форм облаков определяется повторяемостью атмосферных процессов. Кучевые облака в основном развиваются летом при наличии конвекции и очень редки в холодный период года. Максимальная повторяемость кучевых и кучево-дождевых облаков отмечается в июне — июле, минимальная — в декабре — феврале. Повторяемость высоко-кучевых облаков мало меняется в течение года, но летом они все же наблюдаются чаще, чем зимой.

Годовой ход слоисто-дождевых облаков совпадает с годовым ходом циклонов, так как эти облака в основном фронтальные. Наибольшее (16%) их количество наблюдается в январе — фев-

рале, наименьшее (3%) — в июле. Аналогичен годовой ход повторяемости высоко-слоистых облаков, так как они обычно предшествуют приближающимся фронтам.

Повторяемость слоисто-кучевых облаков незначительно меняется в течение года. Оказывается возможным выделить осенний максимум (октябрь 26%) и летний минимум (июнь 15%). Наибольшая повторяемость слоистых облаков отмечается в холодный период года, наименьшая — в теплый.

Наиболее резко суточный ход выражен для кучевых облаков. Максимальная их повторяемость приходится на 13 ч, наименьшая наблюдается в почные часы; в это время суток кучевые облака обычно вообще отсутствуют. В теплый период года суточная амплитуда их повторяемости колеблется от 59 до 68%. Зимой она порядка нескольких процентов.

Суточный ход повторяемости кучево-дождевых облаков отличается от суточного хода кучевых, максимальная повторяемость этих облаков в летний сезон смещается на более позднее время. Амплитуда повторяемости кучево-дождевых облаков летом составляет 12—15%.

Наибольшая повторяемость слоисто-кучевых облаков зимой наблюдается в утренние часы, летом — в вечерние часы. Суточные амплитуды их зимой колеблются от 3 до 5%, летом — от 4 до 20%. Для слоистых облаков в течение года суточные амплитуды меняются мало. В основном они находятся в пределах 1—9%. Чаще всего слоистые облака наблюдаются в утренние часы.

Следует отметить, что чем меньше высота нижней границы облаков, тем чаще они наблюдаются в холодный период года и реже — в теплый. Зимой более 80% облаков имеют высоту нижней границы менее 600 м, тогда как с апреля по июль повторяемость таких облаков не превышает 35%. В декабре, январе более 50% всех облаков имеют высоту нижней границы менее 300 м.

Большой практический интерес, особенно для авиации, представляют низкие плотные слоистообразные облака с высотой основания менее 300 м. Именно они мешают взлету и посадке самолетов и приводят к временному закрытию аэропортов при еще большем снижении облаков и переходе их в туман. Наибольшая повторяемость низких слоистообразных облаков наблюдается в холодный период (с октября по март) с максимумом в ноябре, а наименьшая — в теплый период (с апреля по сентябрь) с минимумом в июле.

Наибольшее число периодов с низкой облачностью, их самая большая средняя продолжительность наблюдаются в холодный период года.

Для полетов самолетов очень важно знать характеристики комплекса нижней облачности и ветра. Сильные боковые ветры (более 8 м/с), особенно при низкой облачности, являются кри-

тическими для большинства типов самолетов. Наибольшая повторяемость высоты нижней границы облаков (НГО) менее 200 м наблюдается при юго-восточных ветрах скоростью 8—11 м/с и при восточных и юго-восточных ветрах скоростью 12—15 м/с. Почти при всех направлениях ветра больше всего случаев с низкой облачностью приходится на холодные месяцы года (с ноября по апрель).

Повторяемость (%) направлений ветра при высоте нижней границы облаков менее 100 м представлена на рис. 27. Для холодного периода повторяемость НГО менее 100 м больше при ветрах южного направления, а для теплого — при северных ветрах.

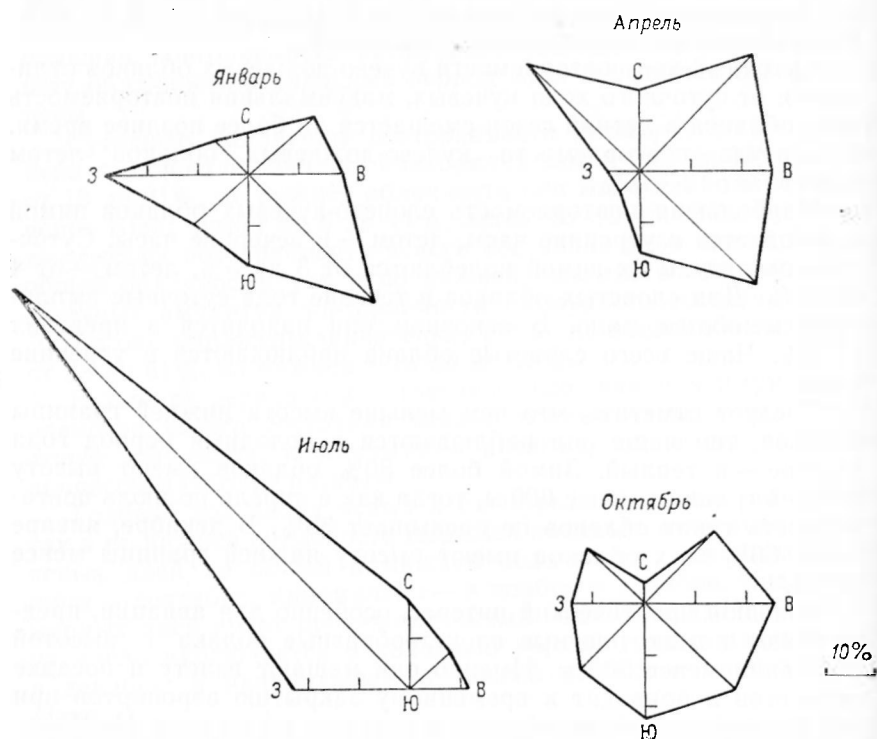


Рис. 27. Повторяемость (%) направлений ветра при нижней границе облаков менее 100 м.

## 6.2. Атмосферные явления

В нижних слоях атмосферы и у земной поверхности возникает большое число разнообразных атмосферных явлений. В зависимости от характера процессов, обуславливающих их образование, они разделяются на явления:

1) связанные с выпадением осадков — дождь, снег, снежная и ледяная крупа, снежные зерна и др.;

2) представляющие собой продукты конденсации и сублимации водяного пара, а также простое замерзание воды на поверхности земли и на наземных предметах — роса, иней, изморозь, гололед, гололедица; другую группу явлений этого типа составляют туманы;

3) вызванные изменениями температуры воздуха в нижних слоях атмосферы и на земной поверхности — заморозки, оттепели. Сюда же можно отнести опасные засушливые явления, представляющие результат совместного действия температуры и влажности воздуха и увлажнения почвы;

4) связанные с усилением ветра, атмосферным электричеством и преобразованием световых лучей в атмосфере.

Ниже рассмотрены только некоторые из атмосферных явлений, оказывающих существенное влияние на работу различных отраслей городского хозяйства.

### 6.2.1 Туман

Туман представляет собой скопление продуктов конденсации, значительно реже — сублимации водяного пара в приземном слое воздуха, ухудшающих горизонтальную видимость до 1 км и менее. Взвешенные частицы (капли, кристаллы), определяющие состав тумана, бывают различного размера, но обычно радиус их около 5—7 мк и менее.

Распределение туманов определяется экспозицией элементов рельефа относительно влагонесущих потоков, высотой пунктов над уровнем моря и другими ландшафтно-географическими особенностями. Туманы формируются под влиянием определенных синоптических условий. В зависимости от характера синоптического процесса различают радиационные, адвективные и смешанные туманы. Иногда отдельно выделяют фронтальный тип и туманы испарения (возникающие в холодном воздухе над теплой водной поверхностью).

В Киеве туманы обычно наблюдаются с конца октября до начала апреля, а некоторые типы туманов, например радиационные, могут наблюдаться в любое время года. В 83% случаев туманы отмечаются с октября по март, чаще всего в ноябре — январе. В теплую половину года бывают в основном радиационные поземные туманы небольшой мощности. В долине Днепра плотные туманы образуются уже в середине сентября, их высота не достигает и середины склонов Приднепровской возвышенности. Это «утренники», начинающиеся в конце ясной ночи и рассеивающиеся уже к 9—10 ч утра, они охватывают лишь узкую прибрежную полосу. Такие туманы имеют четкую верхнюю границу ниже уровня расположения киевских парков на



правом берегу. Они могут существенно затруднять судоходство по Днепру в это время года.

В октябре учащаются адвективные процессы, связанные с переносом тепла и влаги над охлажденной уже к этому времени подстилающей поверхностью; это приводит к увеличению повторяемости туманов. Наибольшее число дней с туманом достигается в ноябре—январе и составляет в среднем за месяц 9—10 дней, уменьшаясь в феврале и марте до 6—7 дней (табл. 44). В теплый период (апрель—сентябрь) среднее число

Таблица 44  
Число дней  $n$  с туманом

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$C_v$	$n_{\text{макс}}$	Год
I	8,6	5,8	0,67	24	1939
II	6,8	4,3	0,63	21	1941
III	5,9	3,9	0,66	16	1967
IV	2,6	2,1	0,82	8	1942
V	0,5	0,7	1,46	3	1951
VI	0,4	0,8	1,98	4	1948
VII	0,7	0,9	1,31	4	1944
VIII	0,8	1,0	1,31	4	1945
IX	1,4	1,2	0,85	4	1945
X	4,6	3,3	0,71	14	1960
XI	9,3	5,4	0,57	23	1944
XII	10,0	4,9	0,49	19	1958
Год	51,6	18,3	0,36	84	1939

дней снижается до 3 и менее. Неустойчивость погоды в холодный период приводит к большой изменчивости числа дней с туманом. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) для этого времени года колеблется от 3 до 6 дней. Для месяцев теплого периода оно составляет 1—2 дня, коэффициент вариации ( $C_v$ ) изменяется от 0,82 до 1,98, а в холодный период составляет 0,49—0,71.

В среднем за год в центре Киева отмечается 52 дня с туманом. Повторяемость числа дней может существенно колебаться от года к году. Наибольшее число дней с туманом равно 84. В пониженных районах города (Подол, Жуляны), а также на левобережье Днепра (Дарница, Березняки, Русановский массив) повторяемость числа дней с туманом заметно увеличивается, достигая в среднем 72 дней в году. За городом (Борисполь) годовое число дней с туманом уменьшается до 46. В районе Немешаево, Пуца-Водица и Багринова гора среднее годовое число дней с туманом почти одинаково и не превышает 38—40.

Один раз в 10 лет может наблюдаться 95 дней с туманом, один раз в два года — 63, а ежегодно — 18 дней (рис. 28).

В холодную часть года наиболее вероятное время появления тумана — конец ночи, в теплую часть — утро. Время наибольшей вероятности туманов (рис. 29) смещается вместе со временем рассвета в течение года, изменяясь от 5—6 ч утра летом до 7—8 ч зимой. Повышенная повторяемость туманов в утренние часы связана с радиационным охлаждением, с «накоплением

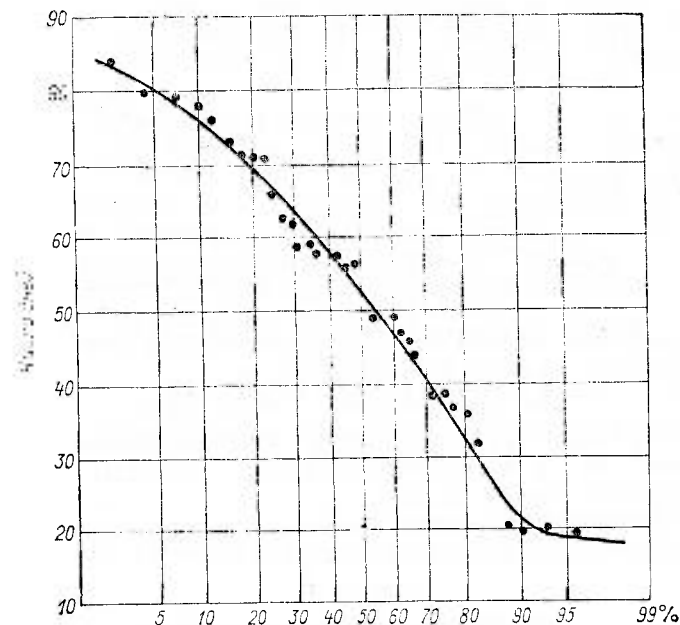


Рис. 28. Интегральная кривая числа дней с туманом различной вероятности (%) выше указанных пределов. Год.

охлаждения» в течение ночи. Фронтальные туманы, так же как и радиационные, характеризуются достаточно четким максимумом повторяемости — в 5 ч утра. Летом суточный ход этого явления выражен лучше, чем зимой. В целом за год туманы чаще всего наблюдаются ночью, однако отдельные их типы (адвективные) довольно часто возникают вечером.

Важной характеристикой является продолжительность туманов. Самые продолжительные туманы, как и наибольшее их число, отмечаются в холодный период года с максимумом в ноябре—декабре (табл. 45). Средняя суммарная продолжительность туманов в декабре в центре города составляет 101 ч, а в окрестностях — 57 ч, в ноябре она колеблется от 49 (в окрестностях) до 90 ч (в центре). В летний сезон средняя суммарная продолжительность снижается до 3 ч и менее. Туманы

продолжительностью до 12 ч отмечаются весьма редко, в основном в начале и конце холодного периода. В это время года в ряде случаев они могут сохраняться и более двух суток. Для этого периода характерны незначительные изменения продолжительности туманов.

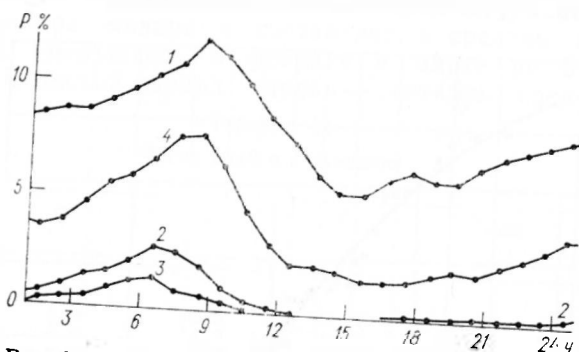


Рис. 29. Повторяемость  $P$  (%) туманов в различные часы суток.  
1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень.

В центральных районах города продолжительность за год составляет 434 ч, в окрестностях она уменьшается до 270 (табл. 45).

Наибольшую продолжительность имеют адвективные туманы, в 30% они сохраняются более 12 ч, в том числе в 9% — бо-

Таблица 45

Продолжительность  $\tau$  (ч) туманов

Месяц	Борисполь			Киев, обсерватория		
	$\bar{\tau}$	$\tau_{\text{наиб}}$	год	$\bar{\tau}$	$\tau_{\text{наиб}}$	год
I	43	140	1938	79	250	1939
II	41	170	1941	59	267	1944
III	33	83	1955	45	111	1947
IV	11	50	1956	14	40	1944
V	1	6	1965	1	6	1951
VI	1	11	1936	0,7	6	1948
VII	2	18	1944	2	17	1944
VIII	3	14	1936	3	17	1944
IX	6	19	1938	5	14	1953
X	23	57	1964	34	85	1940
XI	49	172	1946	90	227	1938
XII	57	127	1958	101	227	1946
X-III	246	420	1938	408	779	1936
IV-IX	24	61	1956	25,7	64	1939
Год	270	373	1964	433,7	726	1936

лее суток; им присущи большая водность и резкое понижение влажности. Иногда адвективные туманы длятся более 100 ч. Наиболее продолжительные туманы отмечаются зимой, летом же бывает туманов длительностью более 8 ч. Кратковременные туманы по своей природе обычно радиационные. Сохраняются они менее 6 ч, а 51% из них длится менее 3 ч.

Туманы в зависимости от горизонтальной видимости подразделяются на очень сильные (видимость менее 50 м), сильные (50—200 м), умеренные (200—500 м) и слабые (500—1000 м). Туманы видимостью менее 50 м относятся к особо опасным для народного хозяйства.

Особо опасные туманы (видимость  $\leq 50$  м) в Киеве наблюдаются редко [63]. Чаще всего (70—80%) бывают туманы видимостью 50—200 и 200—500 м. Сильные туманы видимостью менее 100 м за небольшим исключением непродолжительны и имеют малую повторяемость. Однако именно этот вид туманов очень осложняет работу транспорта.

Туманы возможны при большом диапазоне температур — от  $-20$  до  $19^{\circ}\text{C}$ . За холодный период (октябрь—март) в среднем 60% туманов отмечаются при положительных температурах и 41% туманов — при отрицательных. В январе повторяемость туманов при отрицательных температурах несколько больше, чем при положительных (табл. 46). Зимой повторяемость ту-

Таблица 46

Повторяемость (%) отрицательной и положительной температуры воздуха при туманах в холодный период года. Киев, АМСГ

Температура	X	XI	XII	I	II	III	X-III
Отрицательная	1	28	38	52	32	32	31
Положительная	99	72	62	48	68	68	69

манов при отрицательных температурах в среднем за месяц колеблется от 3 до 10%. Приведенные данные свидетельствуют о закономерном росте повторяемости туманов при отрицательных температурах от осени к середине зимы и убывании их к весне. Туманы при положительных температурах также чаще образуются в осенне-зимние сезоны, но с максимумом уже не в январе, а в ноябре (17%).

В течение года преобладают капельно-жидкие туманы, для образования которых благоприятны температуры воздуха близкие к  $0^{\circ}$  и слабый ветер.

Зимой при умеренных и сильных туманах (видимость менее 500 м) при слабом ветре (до 2 м/с) повторяемость температуры в интервале от  $-2$  до  $4^{\circ}\text{C}$  достигает наибольших значений (76%) по сравнению с другими сезонами. Повторяемость скорости ветра до 2 м/с составляет 58%, а скорости от 2 до 4 м/с —

29%. Такие сочетания часто отмечаются с наступлением оттепелей. В условиях ветреной погоды (скорость ветра 6—8 м/с) при температуре от  $-6$  до  $4^{\circ}\text{C}$  происходит ослабление и рассеяние интенсивных туманов. Повторяемость туманов при таких характеристиках составляет всего 5%. В отдельных случаях умеренные и сильные туманы возможны при ветре скоростью 10 м/с и более и температуре от  $-2$  до  $2^{\circ}\text{C}$ , при ветре 0—2 м/с и температуре от  $-15$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Капельно-жидкие туманы, возникающие при отрицательных температурах воздуха (переохлажденные) и больших скоростях ветра, особенно опасны, так как могут вызвать сильное обледенение земной поверхности и находящихся на ней предметов.

С наступлением весны происходит постепенное изменение характера атмосферных процессов, погода становится менее устойчивой. В связи с этим несколько меняются температурные и ветровые условия образования умеренных и сильных туманов. Однако температура при этих туманах в 72% не выходит за пределы  $-4 \dots +2^{\circ}\text{C}$ , а ветер в 50% имеет скорость 0—2 м/с и в 38% — 2—4 м/с. Такие условия благоприятны для образования адвективных и в особенности радиационных туманов, которые часто отмечаются в весенний сезон. Ветры скоростью 6—8 м/с в диапазоне температур от  $-4$  до  $4^{\circ}\text{C}$  при умеренных и сильных туманах встречаются только в 4% случаев.

Летом во время умеренных и сильных туманов, которые бывают очень редко, температура воздуха колеблется от 12 до  $16^{\circ}\text{C}$  (повторяемость этих значений температур составляет 74%), а ветер в 94% очень слабый (0—2 м/с), в остальных 6% — не превышает 4 м/с.

Осенью умеренные и сильные туманы образуются в условиях сравнительно широкого диапазона температур и скоростей ветра. Из всех возможных значений температуры 87% приходится на интервал от  $-2$  до  $12^{\circ}\text{C}$  и 63% — на интервал от 0 до  $8^{\circ}\text{C}$ .

Температуры 0—2, 2—4, 4—6 $^{\circ}\text{C}$  отмечаются с почти одинаковой повторяемостью (8—9%). Реже бывают туманы при температурах  $-12 \dots -2^{\circ}\text{C}$ . При этом скорость ветра в 59% изменяется от 0 до 2 м/с, в 33% — от 2 до 4 м/с. Повторяемость сочетаний ветра скоростью 4—6 м/с и температуры от 12 до  $24^{\circ}\text{C}$  составляет около 8%. Менее 1% приходится на скорость ветра 6—8 м/с и температуру 2—4 $^{\circ}\text{C}$ .

В течение года, кроме летнего сезона, в центральных районах и в юго-восточной части города при туманах преобладают ветры северного и юго-восточного направлений, на южной окраине города — юго-восточного. Летом в центральных районах города туманы наблюдаются при ветре с северной составляющей, в южных — с восточной.

Результаты исследований микроструктуры тумана (числа и размера капель, водности) показывают: если не учитывать плохо улавливаемые капельки диаметром 4 мк и менее, то почти

62% капель имели диаметр 6—8 мк. Таких капель в киевских туманах оказалось больше, чем в степных.

Измерения подтверждают различие спектров капель в зависимости от стадии развития тумана. В теплых туманах общее количество капель заметно больше, чем в холодных; особенно много капелек в туманах теплых секторов циклонов. При северных и северо-западных ветрах капель в туманах заметно меньше, а сами они сравнительно крупнее, чем при юго-восточных ветрах. В устойчивых туманах теплых секторов циклонов чаще встречались капельки радиусом 3—6 мк, а в радиационных почных туманах больше капелек радиусом 3—4 мк.

Характерным для туманов в Киеве является большая изменчивость спектра размеров капель по мере развития тумана в течение суток. В устойчивых туманах значительно чаще встречаются капли радиусом 3—5 мк, причем разнообразие размеров сравнительно велико, но меньше, чем в туманах, меняющих свою интенсивность.

Можно проследить за изменением спектра капель по мере эволюции тумана. Например, в устойчивом адвективном тумане радиусом 50 м при юго-восточном ветре, скорость которого ослабевала от 5 до 2 м/с, и потеплении от  $-5$  до  $-2^{\circ}\text{C}$  наблюдалось уменьшение срединного радиуса капель от 5 мк в начале ночи до 2—3 мк в конце. К рассвету их радиус вновь увеличился. При неизменных условиях после полудня средний радиус капель больше, чем утром, причем разнообразие размеров капель днем меньше, чем в ночном тумане. Спектры капель могут очень сильно меняться в течение коротких промежутков времени.

Наиболее крупные капли (при сравнительно малом разнообразии их размеров) наблюдаются при западных ветрах и вообще, наиболее мелкие — при южном, юго-восточном и восточном ветрах со стороны Днепра и его поймы, а также при северо-западном ветре со стороны промышленной части города. В целом разнообразие размеров оседающих капель зависит больше от скорости ветра, чем от его направления. На горизонтальных поверхностях слабо оседают капли радиусом менее 2—3 мк, которых в туманах может быть много.

### 6.2.2. Дальность видимости

На метеорологических станциях дальность видимости  $L$  оценивают, как правило, визуально по международной шкале видимости (0—9 баллов по шкале). На некоторых станциях дальность видимости наблюдается инструментально. Дальность видимости определяется физическим состоянием нижних слоев воздуха и освещенностью объектов. Она значительно уменьшается при дымке, тумане, дожде, снеге, метели и др. Так, при очень сильном тумане дальность видимости может убывать

почти до нуля и даже при слабом тумане не превышает трех баллов ( $L < 1$  км). Очень сильно уменьшается дальность видимости и при дожде, она снижается на 2—3 балла при наличии большой прозрачности до дождя. Различают горизонтальную и вертикальную видимость, наибольшее значение имеет горизонтальная дальность видимости.

Современный город существенно влияет на величину горизонтальной дальности видимости. В атмосфере крупных городов количество аэрозолей постоянно растет, что приводит к повышенной повторяемости метеорологических явлений, ухудшающих видимость (дымка, туман и др.). В отдельных городских районах могут создаваться условия, способствующие значительному ухудшению дальности видимости. В центральных районах города с более плотной застройкой по сравнению с окраинами, а также на оживленных автомагистралях наблюдается уменьшение горизонтальной дальности видимости.

В Киеве исследование горизонтальной дальности видимости проводилось по визуальным наблюдениям на двух станциях. Как в центре города (Киев, обсерватория), так и на его южной периферии (Киев, Багринова гора) отмечается четко выраженный годовой ход с максимумом в июне и минимумом в январе (табл. 47). Дальность видимости в центре города во все месяцы

Таблица 47

Горизонтальная дальность видимости  $L$  (км) по визуальным (Багринова гора, обсерватория) и инструментальным наблюдениям (АМСГ)

Месяц	Киев, Багринова гора		Киев, обсерватория		Киев, АМСГ
	$\bar{L}$	$\sigma^2$	$\bar{L}$	$\sigma^2$	
I	6,30	0,65	4,74	0,58	6,37
II	7,36	1,32	5,40	0,80	6,56
III	8,92	1,13	7,12	1,42	6,95
IV	10,00	0,88	8,31	1,45	8,92
V	10,32	1,26	9,68	0,98	9,52
VI	10,68	1,17	10,17	0,96	9,63
VII	10,16	0,93	9,51	0,95	9,48
VIII	10,16	1,04	8,93	0,52	9,41
IX	10,26	0,66	7,91	0,32	9,01
X	9,07	1,06	6,73	0,99	7,83
XI	7,30	1,06	5,49	0,74	6,65
XII	7,17	1,31	5,25	1,08	5,78
Год	8,97	1,31	7,54	1,65	8,02

и за год в целом ниже по сравнению с южной периферией города. Наибольшие различия (2,25 км) наблюдаются в осенние месяцы (сентябрь — октябрь), а наименьшие (0,51—0,65 км) — в весенне-летние (май — июль).

Наиболее часто во все сезоны и за год отмечается дальность видимости от 4 до 10 км (табл. 48). Зимой наблюдается наи-

Таблица 48

Повторяемость (%) дальности видимости в различных пределах

Месяц	Дальность видимости, км				
	0,0—0,2	0,2—1,0	1,0—4,0	4,0—10,0	>10,0
Киев, Багринова гора					
XII	3	6	16	69	6
I	0,2	4	18,8	75	2
II	1	3	18	70	8
XII—II	2	5	17	71	5
III	1	3	9	75	12
IV	0,2	0,8	5	79	15
V	—	—	3	82	15
III—V	0,4	—	5,6	79	14
VI	—	—	2	82	16
VII	—	—	2	85	13
VIII	0,1	0,1	3	84	12,8
VI—VIII	0,05	0,05	2	84	13,9
IX	0,4	0,1	6	77,5	16
X	1	2	11	73	13
XI	5	6	14	67	8
IX—XI	2	3	10	73	12
Год	1	2	9	77	11
Киев, обсерватория					
XII	3	15,8	22	59	0,2
I	4	14,6	34	47	0,4
II	3	10	29	57	1
XII—II	3	13	29	59	1
III	2	6	19	69	4
IV	1	2	10	80	7
V	—	0,3	4,7	82	13
III—V	1	3	11	77	8
VI	—	—	2	82	16
VII	0,1	0,1	5	84,8	10
VIII	0,1	0,2	5,7	87	7
VI—VIII	0,1	0,1	4	84,8	11
IX	0,1	0,4	5,5	90	4
X	3	5	14	77	1
XI	7	10	20	62	1
IX—XI	4	5	13	76	2
Год	2	5	14	73	6

меньшая видимость, видимости более 10 км почти не бывает (1%). Летом, наоборот, отмечается наибольшая видимость. Повторяемость значений видимости более 10 км увеличивается (11%), а видимость от 0 до 1 км бывает в единичных случаях. На южной периферии города зимой и в конце осени (ноябрь)

наблюдается увеличение значений видимости более 10 км. В конце весны (май) и летом (июнь — июль) не отмечается понижения видимости менее 1 км.

Кроме визуальных наблюдений в Киеве на станции Киев, АМСГ, ведутся также и инструментальные наблюдения. Эта станция расположена на западной периферии города. Так же как и на других станциях, здесь отмечается хорошо выраженный годовой ход с максимумом (9,63 км) в июне и минимумом (5,78 км) в декабре (табл. 47). В декабре — январе максимальную повторяемость (соответственно 31 и 34%) составляет видимость 2—4 км (табл. 49). Значительная повторяемость (26

Таблица 49

Повторяемость (%) дальности видимости в различных пределах (по Л. Н. Сакали). Киев, АМСГ

Месяц	Дальность видимости, км					
	<0,5	0,5—1,0	1,0—2,0	2,0—4,0	4,0—7,0	>10,0
XII	6	6	14	31	17	26
I	5	6	16	34	19	20
II	2	4	13	28	18	35
XII—II	4	5	15	31	18	27
III	3	3	8	19	15	52
IV	1	1	2	7	11	78
V	—	0,2	0,4	3	5,4	91
III—V	1	2	4	9	10	74
VI	—	0,2	0,1	2	5,7	92
VII	—	0,2	0,7	3	6	90,1
VIII	0,5	0,5	1	4	6	88
VI—VIII	0,1	0,3	0,6	3	6	90
IX	1	0,4	1	6	10	81,6
X	3	1	3	11	16	66
XI	7	4	9	22	16	42
IX—XI	4	2	4	13	14	63
Год	2	2	6	14	12	64

и 20%) приходится на видимость более 10 км. В другие месяцы года (с февраля по ноябрь) максимальную повторяемость составляет видимость более 10 км, а минимальную весной и летом — менее 0,5 км, осенью — 0,5—1 км. С мая по июнь не наблюдается понижения видимости менее 0,5 км.

### 6.2.3. Гололедно-изморозевые отложения и налипание мокрого снега

К основным видам обледенения относятся гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, отложение (налипание) мокрого снега и замерзшее отложение мокрого снега.

Принято различать простые и сложные отложения льда. Простые отложения формируются только одним из перечислен-

ных видов обледенения, сложные образуются путем последовательного наложения двух или нескольких видов обледенения.

Наиболее распространенным и опасным обледенением является гололед (68%). Зернистая изморозь наблюдается почти в четыре раза (19%), а сложное отложение льда почти в шесть раз (12%) реже, чем гололед.

Отложение льда любой интенсивности (от слабого до очень сильного) следует относить к опасным атмосферным явлениям, так как оно существенно осложняет работу многих отраслей городского хозяйства. Гололедные отложения наносят вред не только энергосистемам и линиям связи, но и сельскому и лесному хозяйству, садоводству и т. д. Они затрудняют работу автомобильного, железнодорожного транспорта и авиации, вызывают часто повышенный травматизм среди населения.

**Гололед.** Гололед представляет собой слой льда, матовый или прозрачный, образующийся на поверхности земли и наземных предметах преимущественно с наветренной стороны при отрицательных температурах вследствие намерзания переохлажденных капель дождя, мороси или тумана. Удельная масса гололеда (численно равна его плотности) в среднем составляет 0,60 г/см<sup>3</sup>, но в зависимости от метеорологических условий колеблется в довольно широких пределах — от 0,30 до 0,90 г/см<sup>3</sup> [16].

Гололед диаметром отложения 20 мм и более (без учета толщины провода) относят к числу особо опасных атмосферных явлений [83]. Отложение атмосферного льда на воздушных проводах вызывает их вибрацию, провисание, схлестывание и скручивание. При значительном обледенении, сопровождающемся обычно усилением ветра, может произойти обрыв линий связи и электропередачи, поломка их опор и др.

Различают фронтальные гололеды, формирующиеся преимущественно при выпадении переохлажденного дождя (65%), и внутримассовые, образующиеся при переохлажденном тумане (39%) и мороси (44%).

Район Киева относится к территории с умеренной гололедностью [39, 91]. Гололед здесь отмечается в течение всего холодного периода (с октября по апрель). Ранней осенью (в октябре) и поздней весной (в апреле) гололед наблюдается крайне редко — один раз в 5—10 лет.

Среднее число дней с гололедом за год равно 16,4 и в годовом ходе (табл. 50) достигает максимума в декабре — январе (4,7), а минимума — в октябре (0,2). Наибольшее число дней отмечается в январе, декабре и составляет соответственно 21 и 17. Снижение числа дней с гололедом до 10—11 дней наблюдается в ноябре, феврале и до 4—7 дней в апреле, марте. За зиму наибольшее число дней с гололедом достигает 38 (1966-67 г.), а наименьшее — 1 (1936-37 г.).

Таблица 50  
Число дней  $n$  с гололедом

Месяц	$\bar{P}$	$\sigma$	$n$ наиб	Год
X	0,2	0,5	2	1947
XI	2,5	3,0	10	1966
XII	4,7	4,3	17	1966
I	4,7	4,5	21	1945
II	2,7	2,7	11	1952
III	1,4	1,8	7	1962
IV	0,2	0,7	4	1944
Год	16,4	8,9	38	1966-67

Повторяемость гололеда из года в год может значительно отличаться от приведенных средних. Об этом свидетельствуют большие значения средних квадратических отклонений (1,8—4,5) как в отдельные месяцы, так и за год.

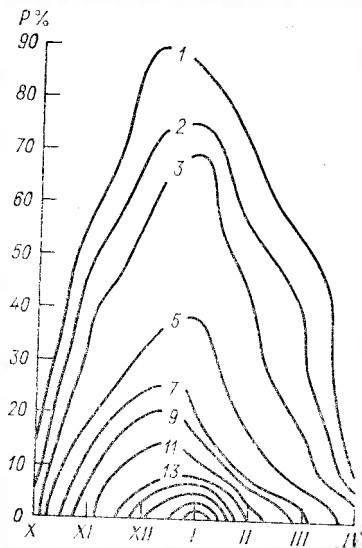


Рис. 30. Изоплеты числа дней с гололедом различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

Частота гололеда по месяцам весьма различна (рис. 30). Следует отметить, что почти ежегодно (вероятность более 80%) гололед наблюдается в декабре и январе; в ноябре, феврале — один раз в каждые два года, а в октябре и апреле — один раз в 10 лет. В отдельные годы вероятность появления гололеда увеличивается. Так, в ноябре, феврале может наблюдаться 10 дней и более, но вероятность их равна всего 2—3%. В декабре, январе вероятность гололеда 10 дней и более возрастает до 15—20%.

Наряду с числом дней с гололедом использовалась и такая характеристика, как максимальный диаметр отложения, при этом учитывался диаметр провода гололедного станка. Масса отложения  $P$  (в г/пог.м) определяется при достижении максимального диаметра.

Средний диаметр отложения гололеда равен 6,3 мм при  $\sigma = 1,6$  мм. В Киеве преобладает (89%) гололед диаметром

7 мм (табл. 51). Наибольший диаметр отложения гололеда составляет 14 мм при  $P=64$  г/пог.м (1951-52 гг.), при этом продолжительность обледенения — 67 ч, а время нарастания — 13 ч.

Таблица 51  
Повторяемость (%) отложений гололеда различного диаметра

Диаметр отложения, мм			
5-7	8-10	11-13	14-16
89,1	7,0	3,1	0,8

Размер отложения гололеда зависит от продолжительности обледенения. Как показывают расчеты, коэффициент корреляции между диаметром отложения льда и временем его нарастания равен  $0,45 \pm 0,20$ .

Продолжительность нарастания льда колеблется в широких пределах — от получаса и менее до 63 ч (табл. 52). Преобла-

Таблица 52  
Повторяемость (%) гололеда различной продолжительности  $\tau$  (ч) в разные стадии обледенения

Стадии гололеда	$\tau_{\text{пик}}$	Продолжительность, ч						$\tau_{\text{наиб}}$	
		<12	13-24	25-36	37-48	49-60	61-72		>72
Нарастание	<0,25	92,0	6,6	0,7	—	—	0,7	—	63
Случай обледенения	1	73,9	13,8	5,8	1,5	0,7	1,4	2,9	202

дает (92%) гололед с периодом нарастания льда 12 ч и менее. Значительная продолжительность гололеда (более суток) бывает крайне редко (до 1%).

Время сохранения отложения гололеда составляет преимущественно (74%) 12 ч и менее. Встречаются и более длительно сохраняющиеся гололеды, но повторяемость их незначительна (5%). Максимальная продолжительность обледенения достигает 202 ч.

Процесс обледенения зависит от характера атмосферной циркуляции и метеорологических условий [22]. При этом наиболее важными элементами являются температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра (т. е. характеристики гололедоносущего потока), а также вид атмосферного явления.

Температура воздуха при образовании гололеда чаще всего находится в интервале  $0 \dots -3^\circ\text{C}$ . Повторяемость гололеда при более низких температурах резко убывает. Так, при темпера-

туре воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  гололед формируется лишь в 7—8%. Преобладающим гололедонесущим потоком (92%) является юго-восточный и восточный со скоростью 1—7 м/с. Штили при гололеде наблюдаются редко.

**Зернистая изморозь.** Изморозь по условиям образования и структуре принято разделять на кристаллическую и зернистую. Кристаллическая изморозь состоит из кристалликов льда тонкой структуры, образующихся в результате сублимации водяного пара при дымке или неплотном тумане, при температурах воздуха  $-11 \dots -20^{\circ}\text{C}$ . Она оседает на ветвях деревьев, проводах и т. п., легко осыпается при встряхивании. Обычно не представляет большой угрозы, однако при значительной массе может обусловить пониженную слышимость на линиях связи, вибрацию проводов, а иногда и их скручивание.

Более опасна зернистая изморозь — снеговидный рыхлый осадок матово-белого цвета, образующийся преимущественно с наветренной стороны предметов (на проводах, деревьях, различных строениях и т. п.). Формируется зернистая изморозь обычно в туманную, ветреную погоду вследствие намерзания капель переохлажденного тумана, чаще при температуре  $-3 \dots -8^{\circ}\text{C}$ . Удельная масса зернистой изморози (численно равна ее плотности) колеблется в широких пределах — от 0,10 до 0,60 г/см<sup>3</sup> [16].

Отложения зернистой изморози, особенно веерообразной, представляют опасное обледенение, так как приводит к вибрации, скручиванию и повышенной парусности проводов. При устойчивом длительном сохранении переохлажденных туманов формируются значительные отложения зернистой изморози, которые могут привести к обрывам проводов линий связи и электропередачи, поломке веток деревьев и прочим повреждениям. При диаметре отложения зернистой изморози 50 мм и более (без учета диаметра провода гололедного станка) она относится к особо опасным атмосферным явлениям [83].

В районе Киева изморозь наблюдается в течение всего холодного периода (с ноября по март) с максимумом в январе (табл. 53). Число дней с изморозью в этом месяце составляет

Таблица 53  
Число дней  $n$  с изморозью

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{наиб}}$	Год
XI	1,0	1,6	7	1946
XII	3,7	2,6	10	1966
I	6,2	4,8	21	1945
II	2,6	2,4	7	1964
III	0,6	1,0	3	1967
Год	14,1	7,8	37	1944-45

В это время как в ноябре и марте их число всего лишь 1,0 и 0,6. Среднее годовое число дней с изморозью достигало 14,1. Наибольшее число дней с изморозью наблюдается в январе и составляет 21. В ноябре, декабре, феврале снижается до 7—10 дней, а в марте — до 3 дней. Наибольшее число дней с изморозью за год достигает 37 (1944-45 г.), а наименьшее — 2 (1974-75 г.)

Повторяемость изморози в отдельные годы может значительно отличаться от приведенных средних. Об этом свидетельствуют большие значения средних квадратических отклонений (1,0—4,8) как в отдельные месяцы, так и за год.

В течение года повторяемость числа дней с изморозью различной вероятности неодинакова (рис. 31). Так, в январе может наблюдаться 10 дней с вероятностью 70%, в декабре — около 20%.

Средний диаметр отложения зернистой изморози составляет 8,3 мм при характеристиках изменчивости  $\sigma = 6,0$  мм. Для Киева характерны небольшие по диаметру отложения зернистой изморози. Так, повторяемость отложений диаметром 5—7 мм (с учетом диаметра провода гололедного станка) достигает 75% (табл. 54). Отложения, диаметр которых превышает 13 мм, наблюдаются лишь в 8%. Наибольший диаметр отложения зернистой изморози составляет 20 мм при  $P = 8$  г/пог. м, при этом продолжительность нарастания изморози достигает 60 ч. Коэффициент корреляции между диаметром отложения (мм) в момент нарастания изморози равен  $0,64 \pm 0,15$ . Поэтому практически важной характеристикой зернистой изморози является продолжительность ее нарастания, а также общая продолжительность (от момента появления изморози до полного ее исчезновения).

Продолжительность нарастания зернистой изморози колеблется в широких пределах — от 1 до 22 ч. Значительно преобладает (95%) зернистая изморозь с периодом нарастания менее 12 ч (табл. 55). Сохраняются отложения зернистой изморози также чаще (63%) до 12 ч. В то же время относительно велика (26%) повторяемость длительного (более суток) изморозевого обледенения.

Обычно (74%) при образовании зернистой изморози температура воздуха колеблется в интервале  $-2 \dots -8^{\circ}\text{C}$ . При тем-

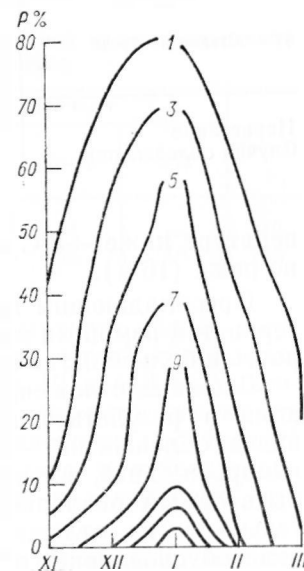


Рис. 31. Изоплеты числа дней с изморозью различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.

Таблица 54

Повторяемость (%) отложений изморози различного диаметра

Диаметр отложения, мм					
5-7	8-10	11-13	14-16	17-19	>20
75,0	11,1	5,5	2,8	2,8	2,8

Таблица 55

Повторяемость (%) зернистой изморози различной продолжительности  $\tau$  (ч) в разные стадии обледенения

Стадия изморози	$\tau_{\text{наим}}$	Продолжительность, ч					$\tau_{\text{наиб}}$
		<12	13-24	25-36	37-48	>49	
Нарастание	<1	94,7	5,3	—	—	—	22
Случай обледенения	4	63,2	10,5	13,2	5,3	7,8	60

пературе ниже  $-8^{\circ}\text{C}$  зернистая изморозь образуется значительно реже (16%).

Преобладающим направлением ветра при формировании зернистой изморози является юго-восточное и южное, а его скорость в большинстве случаев (94%) составляет 0—3 м/с.

**Сложные отложения льда.** Сложные отложения льда образуются в результате последовательного наложения различных видов обледенения — гололеда, зернистой и кристаллической изморози, инея, а также мокрого снега. Их сочетание может быть самым различным по количеству видов и по последовательности их отложения. Формирование сложных отложений льда обуславливается изменением в течение периода обледенения циркуляционных и метеорологических условий. Наиболее опасны сложные отложения льда, формирующиеся из таких видов, как гололед или зернистая изморозь, т. е. наиболее значительных по плотности и массе видов обледенения.

Сложные отложения льда образуются в период с ноября по март. Наибольшее число случаев со сложными отложениями льда отмечается в декабре — январе (70%), с максимумом в январе (48%). Существенно меньше (по 13%) их в ноябре и феврале, а минимум наблюдается в марте (4%). Наибольшая повторяемость (83%) приходится на отложения льда диаметром до 16 мм (табл. 56). Сложные отложения в отдельных случаях могут достигать особо опасных размеров (35 мм и более). Однако повторяемость их невелика, всего 4—5%. Наибольший диаметр сложных отложений льда составляет 42 мм.

Таблица 56

Повторяемость (%) сложных отложений льда различного диаметра

Диаметр отложения, мм			
5-10	11-16	17-22	>23
60,9	21,8	13,0	4,3

Продолжительность нарастания сложных отложений льда колеблется в широких пределах — от 2 до 49 ч (табл. 57). В большинстве случаев (68%) нарастание происходит в течение одних суток.

Таблица 57

Повторяемость (%) сложных отложений льда различной продолжительности  $\tau$  (ч) в разные стадии обледенения

Стадия сложного отложения льда	$\tau_{\text{наим}}$	Продолжительность, ч				$\tau_{\text{наиб}}$
		<24	25-48	49-72	>72	
Нарастание	2	68	28	4	—	49
Случай обледенения	3	44	16	24	16	183

Почти одинаково часто встречается длительное (более 2 суток) и относительно короткое (в пределах суток) сохранение сложных отложений льда (соответственно 40 и 44%). Максимальная продолжительность сохранения сложного отложения превышает семь суток. Следовательно, опасность последствий сложных отложений льда состоит не только в относительно больших их размерах, но и в длительности их сохранения, особенно при усилении скорости ветра.

**Отложение (налипание) мокрого снега.** Отложение мокрого снега наносит большой вред городскому хозяйству, воздушным линиям связи и электропередачи, автомобильному и железнодорожному транспорту, садоводству, сельскому хозяйству и т. д. Значительные отложения мокрого снега на проводах выводят из строя на большом протяжении линии связи и электропередачи, под тяжестью снега ломаются опоры, повреждаются деревья, разрушаются некоторые строения. При обильном выпадении мокрого снега становится неразличимой дорожная сигнализация, ухудшается проходимость дорог, учащаются дорожные происшествия, особенно при последующем похолодании и образовании снежно-ледяной корки. Поэтому особенно важно своевременное предупреждение о сильных снегопадах для организации мер борьбы с вредными последствиями такого явления.

Отложение (налипание) мокрого снега может наблюдаться



с октября по март с наибольшей частотой в январе — феврале (по 24%) и декабре (28%). Ранней осенью (в октябре) и поздней весной (в апреле) налипание отмечается очень редко. Размеры налипшего отложения мокрого снега колеблются в широких пределах — от незначительных до особо опасных (табл. 58).

Таблица 58

Повторяемость (%) отложений мокрого снега различного диаметра

Диаметр отложения, мм						
5—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	>35
48	24	12	4	—	4	8

Наиболее часто (48%) диаметр отложений не превышает 10 мм. Опасные отложения мокрого снега редки: повторяемость случаев с отложениями диаметром более 20 мм составляет 16%. В отдельных случаях налипание мокрого снега может достигать особо опасных размеров (35 мм и более) [83]. Однако повторяемость их невелика (8%). Наибольший диаметр отложений мокрого снега составляет 38 мм (ноябрь 1960 г.).

Продолжительность нарастания отложений мокрого снега колеблется от 18 мин до 9 ч (табл. 59). Нарастание отложений

Таблица 59

Повторяемость (%) нарастания отложений мокрого снега различной продолжительности  $\tau$  (ч)

τ <sub>наим</sub>	Продолжительность нарастания, ч						τ <sub>наиб</sub>
	<1	1—2	3—4	5—6	7—8	>8	
<1 (18 мин)	8	20	24	20	20	8	9

мокрого снега продолжительностью от 1 до 8 ч наблюдается с одинаковой повторяемостью (20—24%). При налипании мокрого снега вероятность кратковременного его нарастания (1—2 ч) такая же, как и длительного (7—8 ч). Продолжительность сохранения налипшего отложения мокрого снега также изменяется в значительных пределах — от 2 до 66 ч. Преобладают случаи (48%) более короткого сохранения отложений (продолжительностью до 12 ч). Длительное сохранение отложений мокрого снега (более двух суток) бывает редко (8%). Наибольшая продолжительность сохранения отложений мокрого снега достигает 66 ч.

Выпадение мокрого снега не всегда сопровождается его налипанием на сооружения, деревья и провода. Существенное на-

липание мокрого снега начинается при определенной степени влажности, что в первую очередь зависит от температурного режима. Интенсивное налипание мокрого снега происходит при температурах, близких к 0°C.

При понижении температуры воздуха до —1°C и ниже отложение мокрого снега замерзает, что способствует более длительному его сохранению. При усилении ветра резко увеличивается неблагоприятное последствие этого опасного атмосферного явления.

Борьба с вредным действием обледенения проводов может быть пассивной и активной. Обычно для предотвращения или уменьшения опасных последствий гололедно-изморозевых отложений при проектировании и прокладке воздушных линий связи и электропередачи увеличивают прочность проводов и опор, особенно в гололедоопасных районах. Проектирование линий должно производиться с обязательным учетом преобладающих метеорологических характеристик местности, на основании расчета максимально возможных здесь гололедно-ветровых нагрузок на проводах, выполняемого по методике ГГО и ВНИИЭ [38].

В качестве активных мер по борьбе с гололедом, преимущественно на линиях связи, применяется механическое удаление льда с проводов специальными шестами, палками, колотушками, соскабливание его с помощью скребков. На линиях электропередачи борьба с обледенением осуществляется преимущественно тепловым методом, основанным на дополнительном прогреве проводов. Большое значение при уменьшении вредного последствия обледенения воздушных проводов связи и электропередачи имеет правильный и своевременный прогноз гололедообразования.

**Гололедица.** Под гололедицей понимают обледенение поверхности земли или дорожного покрытия [21]. Она образуется в результате: а) выпадения переохлажденного дождя; б) при обычном дожде, выпадающем на сильно охлажденную (ниже нуля градусов) поверхность земли; в) после оттепели с последующим резким похолоданием и быстрым замерзанием луж талой воды и дождя, а также замерзанием увлажненного снега. Наиболее часто встречающаяся на Украине гололедица образуется за счет переохлажденного дождя (61%). В три с лишним раза реже отмечается гололедица в виде оледенелого снега (19%). Другие ее разновидности (снежный накат, напочвенный лед местами и др.) встречаются еще реже (3—6%). В то же время подтаивание (днем) и замерзание (ночью) снежно-ледяного слоя на дорогах может продолжаться длительный период, обуславливая большое число дней с гололедицей вида «напочвенный лед местами».

Суточный ход формирования гололедицы (начало явления) выражен четко: максимум в 6—9 ч, минимум в 12—18 ч (табл. 60).

Таблица 60

Повторяемость (%) появления гололедицы в различные часы суток

Время, ч							
0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24
13	14	21	15	4	6	14	13

Продолжительность гололедицы колеблется в широких пределах — от 1 ч до 19 суток (табл. 61). Наиболее часто (30%) встречается гололедица продолжительностью до 6 ч. В то же время наблюдается и длительная по времени гололедица — более суток (25%) и даже свыше трех суток (10%).

Таблица 61

Повторяемость (%) гололедицы различной продолжительности τ

τ наим. мин	τ ч				τ сутки					τ наиб. сутки
	1-6	6-12	12-18	18-24	1-2	2-3	3-4	4-5	>5	
54	30,0	23,6	14,3	7,0	11,8	3,1	3,4	2,2	4,6	19

Анализ случаев длительной по времени гололедицы показал, что на ее продолжительность влияет, как правило, не период нарастания отложений, а период сохранения уже сформировавшейся корки льда, который может быть весьма продолжительным. Следовательно, при гололедице большую роль играет устойчивость морозной, без оттепели погоды, чем увеличение интенсивности отложения льда.

В отдельных случаях наблюдается сочетание разных видов гололедицы или выпадение сухого снега на отложившийся ранее лед от переохлажденного дождя, что также создает условия для длительного сохранения гололедицы.

Наиболее часто (78%) преобладают небольшие по толщине слоя отложения гололедицы — до 5 мм. Случаи с большей толщиной корки льда встречаются не часто: более 5 мм — 22%, более 10 мм — 6%, более 20 мм — 0,4% (табл. 62). Даже небольшая толщина слоя льда на дорожных покрытиях (2—3 мм) является серьезным препятствием для скоростного бесперебойного движения автотранспорта.

При наличии на дороге льда, как показывает практика, больше вреда приносит характер ее поверхности (степень скользкости), чем непосредственно толщина слоя отложения. Последняя в значительной мере определяет период сохранения гололедицы — ее длительность, а степень скользкости — ее опасность для движения автотранспорта.

Таблица 62

Повторяемость (%) отложений гололедицы различной толщины слоя (мм)

	Толщина слоя, мм										Наибольшая, мм		
	<1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	9,1-10,0		10,1-20,0	>20,0
<1	11,8	19,3	14,8	14,8	14,8	2,9	2,9	4,1	2,1	3,7	5,4	0,4	43

Примечание. Толщина слоя отложений соответствует максимальной в каждом случае.

Толщина слоя отложения гололедицы, как и характер ее поверхности, существенно зависят от ее разновидности. Основная разновидность гололедицы, формирующаяся за счет выпадения переохлажденного дождя, характеризуется преобладанием слоя льда толщиной 1—2 мм (23%). Повторяемость слоя льда толщиной до 5 мм составляет 83%, более 5 мм — всего лишь 17%. Толщина слоя отложений разновидности «коledenелый снег» колеблется в широких пределах — от 1 до 5 мм и от 9 до 20 мм (12—17%). При отложениях «снежный накат» толщина снежно-ледяной корки бывает неодинаковой в зависимости от преобладающих условий выпадения снега, его уплотнения, подтаивания и др. Остальные разновидности гололедицы характеризуются в основном небольшой толщиной слоя отложения.

Формирование гололедицы находится в тесной связи с температурным режимом воздуха и почвы. Чаще гололедица формируется при температуре воздуха 0...—2°C (56%). В обе стороны от этого интервала повторяемость гололедицы медленно уменьшается (табл. 63). Для различных разновидностей голо-

Таблица 63  
Повторяемость (%) гололедицы при различных значениях температуры воздуха

	Температура воздуха, °C										t <sub>мин</sub>	t <sub>макс</sub>		
	-6,1...-7,0	-5,1...-6,0	-4,1...-5,0	-3,1...-4,0	-2,1...-3,0	-1,1...-2,0	0,0...-1,0	0,1-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0			3,1-4,0	4,1-5,0
0,0	1,1	1,9	4,6	8,9	12,4	24,7	31,7	7,3	3,5	2,3	0,4	0,4	-7,5	4,9

ледицы характерен определенный режим температуры воздуха.

Сопутствующие формированию гололедицы основные атмосферные явления в большинстве случаев указывают на источник влаги, обеспечивающий гололедообразование. При формировании гололедицы наиболее часто (45%) наблюдается дождь. Почти в два раза реже (24%) отмечается при этом морось.

Другие атмосферные явления бывают еще реже (1—6%). Случаи без гидрометеоров (19%) соответствуют таким разновидностям гололедицы, при которых осадки выпадали ранее.

Сформировавшаяся на дорожном покрытии снежно-ледяная корка будет тем опаснее для движения автотранспорта, чем большей степенью скользкости характеризуется ее поверхность. Поэтому все разновидности гололедицы, которые имеют гладкую поверхность отложения, представляют наибольшую угрозу. Наиболее опасна основная разновидность гололедицы (формирующаяся за счет переохлажденного дождя), характеризующаяся ровным, гладким слоем льда. Остальные разновидности гололедицы относительно менее опасны, так как их неровная, шероховатая поверхность оказывается менее скользкой.

При понижении температуры воздуха быстро уменьшается повторяемость гладкого льда и также быстро увеличивается повторяемость шероховатой поверхности отложения. При положительной и небольшой отрицательной температуре (до  $-2^{\circ}\text{C}$ ) преобладает гололедица с гладкой поверхностью. При температуре  $-2\dots-3^{\circ}\text{C}$  повторяемость гладкой и шероховатой поверхности гололедицы почти одинакова, а при температуре ниже  $-3^{\circ}\text{C}$  начинает преобладать преимущественно гололедица с шероховатой поверхностью. Следовательно, значения температуры воздуха  $-2, -3^{\circ}\text{C}$  можно считать критическими для разделения на более опасную и менее опасную гололедицу.

#### 6.2.4. Атмосферное электричество

Электрическое состояние атмосферы принято анализировать с помощью следующих характеристик: градиента потенциала электрического поля атмосферы, концентрации ионов, электропроводности, плотности вертикального тока, характеристик грозовой деятельности. Анализ многолетних наблюдений этих элементов свидетельствует об их значительной изменчивости вследствие влияния внешних факторов: электрического состояния воздушных масс, степени загрязнения атмосферы, а также от наличия облаков, осадков, ветра, тумана и т. д. Изменения, вносимые вышеперечисленными факторами, обычно рассматривают как нарушения некоторого «нормального» состояния атмосферного электричества, наблюдаемого при отсутствии гроз, осадков, тумана, метели; общая облачность при этом не превышает трех баллов, скорость ветра менее 6 м/с, градиент потенциала больше нуля, но меньше 500 В/м. Выделяют атмосферно-электрические процессы в нормальные дни и отдельно за все дни.

**Концентрация ионов в воздухе.** Ионизация атмосферы обуславливается образованием в ней положительных и отрицательных ионов, вследствие чего атмосфера не является идеальным изолятором, а обладает свойством проводить электричество.

Ионы в атмосфере образуются в результате процесса ионизации газов. Различают легкие и тяжелые ионы. Радиус легких ионов (комплексы молекул воздуха, несущих определенный заряд) составляет примерно  $6 \cdot 10^{-10}$  м, а тяжелых (соединение легкого иона с аэрозолем) —  $10^{-9}$ — $10^{-7}$  м.

Основной характеристикой атмосферных ионов является подвижность, под которой понимают движение (скорость) ионов в однородном электрическом поле, напряженностью, равной единице. При нормальных условиях (чистом воздухе при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении) подвижность легких ионов составляет  $10^{-4}$  м<sup>2</sup>/(В·с), тяжелых —  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  м<sup>2</sup>/(В·с). Ионизация атмосферы характеризуется числом ионов, содержащихся в единице объема, — ионной концентрацией. Последняя определяется интенсивностью двух процессов: процесса ионизации и процесса рекомбинации (нейтрализации ионов противоположного знака).

Годовой ход концентрации легких ионов ( $n$ ) в Киеве в нормальные дни в атмосфере довольно простой — с максимумом в августе и минимумом в зимние месяцы (рис. 32). Повышение концентрации легких ионов обуславливается интенсивным обменом между почвой и прилегающими слоями воздуха, благодаря чему увеличивается поступление в атмосферу радиоактивных эманаций из почвы, являющихся одним из ионизаторов воздуха. Некоторое уменьшение ионизации в июне — июле является, по-видимому, следствием увеличения запыленности воздуха в это время. Характерно, что развитие туманов и выпадение осадков в большинстве случаев сопровождалось «вымыванием» ионов из воздуха. При развитии конвективной облачности отмечалось некоторое увеличение числа легких ионов [71]. Последнее объясняется возрастанием числа ионов при грозах в результате развития коронного разряда на каплях и ледяных кристаллах в сильных электрических полях. Несмотря на то что концентрация положительных ( $n_+$ ) ионов мало отличается от концентрации отрицательных, наблюдается небольшой избыток положительных ионов, формирующих положительный объемный заряд. Средняя годовая концентрация легких ионов воздуха (положительных и отрицательных) при осреднении для всех случаев оказалась равной  $7,8 \cdot 10^8$  м<sup>-3</sup>, а в нормальные дни —  $3 \cdot 10^8$  м<sup>-3</sup>; максимальная концентрация достигает  $2,4 \cdot 10^9$  м<sup>-3</sup>.

Более сложный вид имеет годовой ход числа тяжелых ионов ( $N$ ). Максимальные величины наблюдаются в мае и сентябре, минимальные — зимой (главный минимум) и в июле. Средняя годовая концентрация для нормальных дней составляет  $6,3 \cdot 10^{10}$  м<sup>-3</sup>, а при осреднении за все дни —  $6,6 \cdot 10^{10}$  м<sup>-3</sup>, т. е. несколько уменьшается вследствие «вымывания» тяжелых ионов осадками. Максимальная концентрация тяжелых ионов достигает  $2,5 \cdot 10^{11}$  м<sup>-3</sup> (коэффициент униполярности  $q$  равен в среднем 1,07).

В Киеве наблюдается значительное превышение числа тяжелых ионов над легкими, которое достигает порядка 80 против обычного преобладания в чистой атмосфере в пределах 10—20 [69]. Однако загрязнение воздуха дымом, пылью от работающих предприятий и автомобильного транспорта привело к тому, что

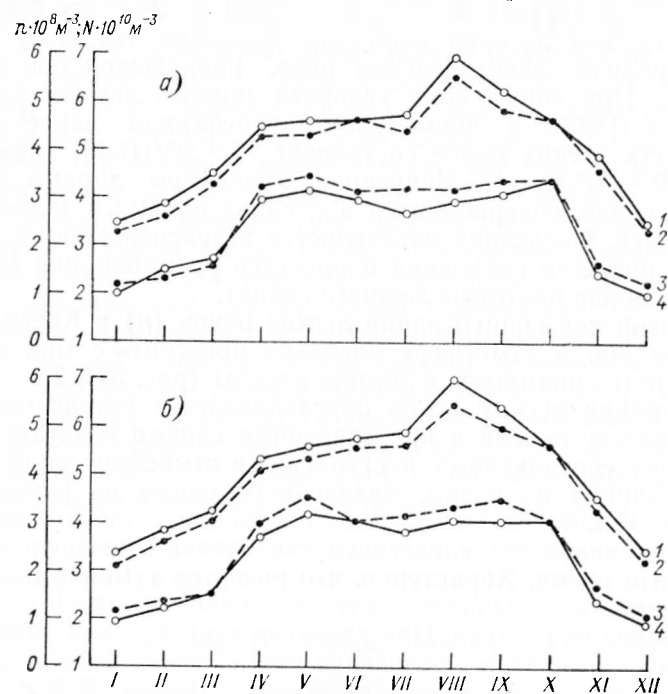


Рис. 32. Годовой ход концентрации легких (1, 2) и тяжелых (3, 4) ионов.  
а — в нормальные дни, б — во все дни; 1, 3 — положительные ионы, 2, 4 — отрицательные ионы.

даже в Киеве, богатом зелеными насаждениями, концентрация легких ионов в 3—4 раза меньше по сравнению с зонами курортов.

Ионизация атмосферы, в особенности концентрация легких отрицательных ионов, в последнее время стала объектом детальных исследований медиков. Было установлено, что регулярные ингаляции ионизированным воздухом, богатым легкими отрицательными ионами, значительно повышает устойчивость организма к различным заболеваниям и неблагоприятным воздействиям внешней среды. Все это дало основание считать ионизацию важным биометеорологическим и климатотерапевтическим фактором при оценке климата местности. В практической деятельности фактор ионизации следует учитывать при строительстве санаториев, домов отдыха, предпочитая для этого

места с повышенной концентрацией легких отрицательных ионов (на окраинах городов, среди лесных массивов и т. д.); этой же целью рекомендуется устанавливать мощные фонтаны и, где возможно, создавать искусственные водопады. Особое внимание следует обратить на ионный режим жилых и общественных зданий. Поскольку этот режим существенно ухудшается при скоплении людей (поглощение ионов в процессе дыхания, оседание их на одежду и т. д.), целесообразно включать искусственную ионизацию в комплекс мероприятий по кондиционированию воздуха и в первую очередь помещений с плохим естественным воздухообменом.

**Электрическая проводимость воздуха.** Электрическая проводимость воздуха  $\lambda$  определяется концентрацией ионов и их подвижностью. Годовой ход электрической проводимости в Киеве оказывается простым — с минимумом в январе и максимумом в июле. Во многом, как и следовало ожидать, изменения проводимости совпадают с изменениями концентрации более подвижных легких ионов [71]. Обращает на себя внимание лишь один момент наступления максимума электрической проводимости воздуха по сравнению с наблюдающимися наибольшими значениями концентрации легких ионов (в августе). Причиной этого является зависимость проводимости не только от числа ионов, но в еще большей степени от их подвижности, что подтверждено экспериментально. Так, по наблюдениям в Ступке [103], при возрастании проводимости в 10 раз число легких ионов возрастало только в два раза, в то время как их подвижность — в пять раз. Среднее годовое значение электрической проводимости воздуха для Киева составляет  $6,7 \cdot 10^{-15}$  См/см, максимальное —  $1,04 \cdot 10^{-14}$  См/м.

Приведенные средние характеристики позволяют судить лишь об общих чертах изменения электрической проводимости в Киеве. В отдельные же моменты величина  $\lambda$  претерпевает значительные изменения в зависимости от погодных условий, но в первую очередь — от запыленности воздуха. Это дало основание Р. А. Аллику ввести параметр, называемый электрическим фактором чистоты воздуха  $P$ , который связан с интенсивностью ионообразования  $q$ , проводимостью  $\lambda$  и средней подвижностью легких ионов  $i$  следующим соотношением

$$P = \frac{\lambda}{qi} \quad (6)$$

Вполне очевидно, что минимальные значения  $P$  наблюдаются во время мглы, дымки, тумана, когда резко увеличивается число тяжелых ионов.

Связь электрической проводимости с метеорологическими факторами (давлением и температурой воздуха, скоростью ветра и др.) обычно проявляется косвенно в зависимости от того, насколько последние способствуют или препятствуют процессам ионизации или рекомбинации ионов.

**Напряженность электрического поля.** В нижних слоях атмосферы существует вертикальное электрическое поле, которое при ясной безоблачной погоде направлено вниз. Своим происхождением оно обязано совокупному действию отрицательного заряда земной поверхности и положительных объемных зарядов, содержащихся в атмосфере.

Многочисленные наблюдения напряженности электрического поля  $E_0$  у поверхности Земли и на высотах в нормальные дни и в периоды облачной погоды, при осадках, сильном ветре и т. д. свидетельствуют о большой изменчивости  $E_0$ . При этом выделяются регулярные периодические изменения (годовые, суточные), а также неперидодические, когда за короткие промежутки времени (часто несколько секунд) напряженность электрического поля изменяется не только по величине, но и по знаку (например, при грозах).

Максимум  $E_0$  отмечался в 1957, 1958 гг. и минимум в 1964 г. (рис. 33). Этот цикл оказался близким к ходу солнечной активности [77].

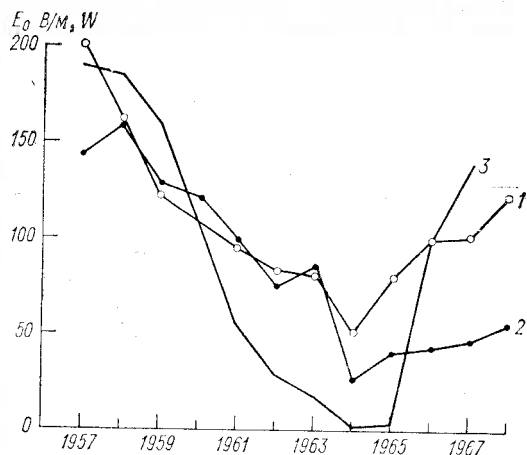


Рис. 33. Напряженность электрического поля  $E_0$  (В/м).  
1 — в нормальные дни, 2 — во все дни, 3 — число Вольфа.

Сложные периодические изменения напряженности электрического поля отмечаются в годовом ходе этой величины (рис. 34). Главный максимум значений  $E_0$  (для нормальных дней и за все дни) наблюдается в феврале и декабре, основной минимум — в мае; вторичный максимум — в августе и октябре, минимум — в сентябре и ноябре. Указанные колебания значений  $E_0$  являются результатом влияния специфических условий крупного промышленного города на элементы атмосферного

электричества. Смена погодных условий, благоприятствующих накоплению взвешенного аэрозоля или его рассеиванию, вызывает соответствующее уменьшение или рост электрической проводимости воздуха, что в конечном счете проявляется в изменениях напряженности поля.

Большой интерес представляют суточные изменения напряженности электрического поля. В большинстве случаев они имеют характер двойной волны с минимумом в утренние (2—3 ч) и послеполуденные часы и максимумом в предполуденные и вечерние часы. Положение экстремальных значений, за исключением утреннего минимума, в различные месяцы изменяется в довольно широких пределах. Отмечается углубление послеполуденного минимума в летнее время и замена его максимумом осенью. Качественно суточные изменения напряженности электрического поля можно объяснить следующим образом. После восхода солнца скопившиеся за ночь объемные заряды и положительные ионы поднимаются вверх и распределяются в виде тонкого приземного слоя, обуславливая рост в это время

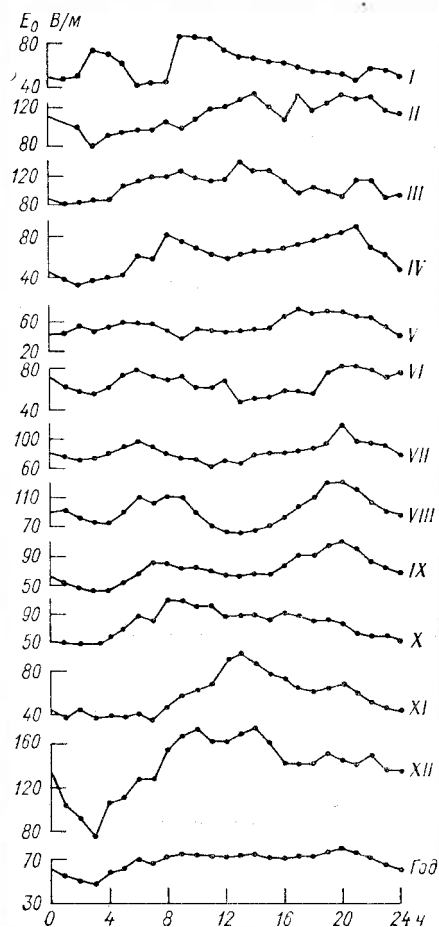


Рис. 34. Напряженность электрического поля  $E_0$  (В/м) в различные часы суток.

В последующем усиливающаяся конвекция способствует более интенсивному перемешиванию слоев воздуха и рассеиванию объемных зарядов, что сопровождается снижением значений  $E_0$ , в особенности в периоды максимального развития конвекции. Спустя некоторое время после полудня, по мере ослабления конвективных токов, вновь создаются условия для формирования объемных зарядов и, следовательно, повышения значений  $E_0$  в вечерние часы. Указанные закономерности суточного хода  $E_0$  и холодный период могут существенно нарушаться. В большинстве случаев зимой наблюдается непрерывный рост напря-

женности электрического поля, начиная с утренних часов до послеполуденных с последующим постепенным понижением. Объясняется это длительным сохранением условий, благоприятствующих накоплению объемных зарядов (отсутствие конвекции) и медленному их рассеиванию в послеполуденные часы.

Профили изменения напряженности электрического поля с высотой над Киевом, как показали наблюдения в период Международного геофизического года, разнообразны [41]. Они могут быть подразделены на три группы: первая — монотонное убывание положительной напряженности поля с высотой; вторая — монотонное убывание положительной напряженности поля с последующей переменной знака; третья — рост положительной напряженности поля в так называемом слое перемешивания с последующим убыванием и переменной знака.

### 6.2.5. Грозы

Наибольшие изменения атмосферно-электрических характеристик происходят во время гроз.

Грозы — одно из наиболее сложных атмосферных явлений, характерной чертой которых является тесная связь и взаимобусловленность метеорологических и электрических процессов. Формирование больших объемных зарядов и, следовательно, сильных электрических полей сопровождается интенсивными грозовыми разрядами между облаками или облаком и земной поверхностью. Грозы связаны с развитием мощных кучево-дождевых облаков. Последние образуются во влажном неустойчиво стратифицированном воздухе в процессе интенсивного прогревания земной поверхности. Грозы часто сопровождаются сильными шквалистыми ветрами, ливневыми осадками, градом. В зависимости от происхождения их разделяют на внутримассовые и фронтальные.

Период с грозами в Киеве в основном начинается с апреля и заканчивается в сентябре (табл. 64). В марте и октябре

Таблица 64  
Число дней  $n$  с грозой

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$C\sigma$	$n_{\max}$	Год
III	0,1	0,30	3,00	1	1961
IV	0,8	1,06	1,32	3	1965
V	4,6	3,04	0,66	9	1957
VI	6,2	2,57	0,41	10	1947
VII	6,5	2,67	0,41	16	1938
VIII	4,8	2,68	0,56	10	1957
IX	1,3	1,35	1,04	4	1952
X	0,1	0,31	3,10	1	1960
Год	24,4	6,10	0,25	38	1938

грозы — довольно редкое явление; вероятность появления гроз в марте составляет 10%, а в октябре — 22%. Иногда грозы отмечаются и зимой, но в этот сезон они менее интенсивны. В годовом ходе наибольшее число дней с грозой приходится на июль и составляет в среднем семь дней, уменьшаясь до одного дня в апреле и сентябре (рис. 35).

В среднем за год в Киеве наблюдается 24 дня с грозой [102, 118]. Повторяемость гроз в отдельные годы значительно отличается от приведенных средних величин. Об этом свидетельствуют значения средних квадратических отклонений ( $\sigma$ ), которые в течение месяца могут колебаться от 0,3 до 3 дней, а также коэффициента вариации ( $C_v$ ), значения которого изменяются от 0,40 до 3,00.

Пространственное изменение числа дней с грозой по территории Киева колеблется от 24 дней в центральных районах города до 31 дня на его окраинах. Наибольшее число дней с грозой изменяется от 38 до 42, наименьшее — от 11 до 17.

Важной характеристикой грозовой деятельности является продолжительность гроз. Грозы длятся от нескольких минут до 10 ч и более (табл. 65). Преобладают грозы продолжительностью менее двух часов. Их повторяемость за год в центральной части Киева составляет 77%, а в Борисполе 60%. В то же время в Борисполе продолжительность грозы почти в два раза больше, чем в центральных районах города.

Среднее квадратическое отклонение продолжительности одной грозы изменяется от 1,2 до 1,7, а коэффициент вариации — от 0,82 до 0,88.

Следует отметить, что наиболее продолжительные грозы наблюдаются при прохождении холодных фронтов; в центральных районах города максимальная продолжительность гроз составляет 10 ч, увеличиваясь на окраинах до 13 ч и более. Грозы чаще всего возникают (табл. 66) в послеполуденные и вечерние часы (13—22 ч), минимум их приходится на ночные и утренние часы (0—12 ч).

Последованиями установлена довольно тесная связь грозо-

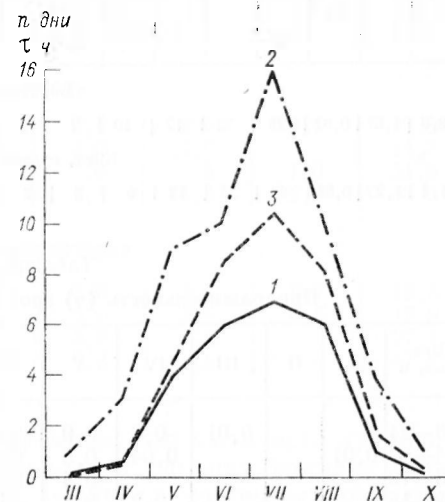


Рис. 35. Среднее (1) и наибольшее (2) число дней  $n$  с грозой и продолжительностью гроз  $\tau$  (3).

Таблица 65

Продолжительность  $\tau$  (ч) одной грозы и ее повторяемость (%) в различных пределах

Число	а	С <sub>г</sub>	Продолжительность, ч										табл.	Дата	
			<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10			>10
Борисполь															
2,0	1,67	0,82	28	32	17	10	7	2	15	0,8	0,7	0,7	0,3	13,15	30 VI 1952
Киев, обсерватория															
1,4	1,23	0,88	42	35	12	6	2	2	0,5	0,2		0,1	0,2	10,06	29 VII 1968

Таблица 66

Продолжительность (ч) гроз в различные часы суток

Время, ч	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
18—24			0,01	0,3	0,9	2,6	3,7	2,9	1,0	0,08	11,5
24—6	0,01		0,04	0,5	0,9	1,2	1,8	0,06			4,5
6—12				0,4	0,8	0,8	0,6	0,2		0,07	2,9
12—18			0,02	0,2	2,7	4,1	4,7	2,7	0,5	0,04	15,0

вой деятельности с распределением метеорологических элементов в нижнем слое атмосферы. Перед прохождением фронтальной грозы атмосферное давление очень медленно понижается, в момент грозового шквала резко повышается, после чего несколько падает и в последующем медленно возрастает.

Грозы образуются при сравнительно высоких температурах воздуха. В 80% температура воздуха во время грозы колеблется от 14 до 24°C, причем более 40% приходится на температуру воздуха 18—24°C. Значения относительной влажности воздуха при грозе велики — в 70% она не менее 70—95%.

Грозы возникают в основном при южном и западном воздушном потоках в нижнем слое тропосферы на высоте 3 км (табл. 67). Повторяемость указанных потоков за год в Борисполе и Киеве составляет соответственно 72 и 69%. Северный и восточный потоки при грозах имеют примерно одинаковую повторяемость (Борисполь — 13 и 15%, Киев — 15 и 16%). Пути перемещения гроз обычно совпадают с преобладающими воздушными потоками.

Возрастающие запросы практики требуют, наряду с приведенными климатологическими данными, сведения о ряде новых характеристик, которые могут быть получены лишь с помощью инструментальных методов. К таким характеристикам можно отнести удельную поражаемость грозовыми разрядами иссле-

Таблица 67

Повторяемость (%) гроз при основных направлениях воздушных потоков (на высоте 3 км)

Направление потока	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Год
Борисполь							
Г		3,9	3,3	2,6	2,6	0,6	13,0
В	0,6	5,9	3,3	2,0	2,9		14,7
Ю	0,3	6,5	8,4	7,8	7,6	1,0	31,6
З	1,0	4,2	3,1	9,1	16,3	2,0	40,7
Киев, обсерватория							
Г		3,6	4,6	3,6	2,8	0,7	15,3
В	0,7	4,4	4,8	3,0	2,5	0,5	15,9
Ю	0,5	6,7	7,2	5,5	7,2		27,1
З	0,5	5,5	7,2	8,3	16,8	3,4	41,7

дуемой площади в единицу времени; интенсивность грозовой деятельности, т. е. число разрядов за единицу времени; крутизну фронтов; распределение амплитуд молниевых разрядов и др.

Одним из наиболее распространенных отрицательных последствий грозовой деятельности являются перерывы в снабжении электроэнергией потребителей. Они возникают вследствие аварий на линиях электропередачи главным образом из-за перенапряжения в результате ударов молнии в линию (перенапряжения от прямых ударов молний) или вблизи линии электропередачи (индуктированные перенапряжения). Большая протяженность высоковольтной линии увеличивает вероятность их поражения. Грозовые волны могут распространяться по проводам на большие расстояния, вследствие чего могут поражаться также и подстанции, так как последние воспринимают действие грозовых разрядов со значительной площадью. Отсутствие соответствующей защиты может привести к большим потерям. Поэтому необходимо применение специальных мер защиты линий электропередачи. Как показывает опыт работ энергосети в СССР, наиболее эффективным мероприятием, обеспечивающим достаточный уровень грозоупорности, является применение грозовой защиты в сочетании с низким сопротивлением заземления опор. Для защиты зданий обычно используют громоотвод, представляющий собой металлический хорошо заземленный стержень. В отдельных случаях с целью надежной защиты объекта (музеев, пороховых складов и т. д.) применяют «клетку Фарадея» — заземленную конструкцию в виде металлической грубоячейистой сетки, опоясывающей здание.

### 6.2.6. Град

Град представляет собой частички плотного льда, выпадающие в основном в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков. Основной причиной возникновения градовых облаков являются мощные восходящие (конвективные) потоки воздуха, обусловленные разностью температур окружающей среды и поднимающегося воздуха [63, 108], и высокое влагосодержание атмосферы.

Наиболее часто град связан с прохождением холодных фронтов, значительно реже случаи его выпадения наблюдаются при внутримассовых процессах за счет неустойчивой стратификации атмосферы.

Распределяется град по территории очень неравномерно. Наиболее часто он выпадает на небольших площадях, в виде отдельных изолированных пятен. Пятна имеют весьма различную форму, их площадь варьирует от нескольких десятков до нескольких сотен квадратных километров. В отдельных случаях град охватывает значительные площади, выпадая полосой, ширина которой от сотни метров до десятка километров, а длина может достигать нескольких сотен километров.

Град причиняет большой ущерб, в особенности сельскому хозяйству, так как повреждает посевы, плодовые деревья и т. д. Выпадение интенсивного града отрицательно сказывается на работе многих отраслей городского хозяйства (транспорта, строительства), а также на состоянии садов и парков и т. д.

Град диаметром 20 мм и более, а также интенсивный град меньшего размера, причиняющий значительный ущерб народному хозяйству, является особо опасным. В большинстве случаев выпадает мелкий, но интенсивный град. Однако отдельные градины могут достигать размеров от крупного грецкого ореха до куриного яйца. Например, 31 мая 1969 г. в Барышевском районе Киевской области в течение часа (с перерывом) наблюдался град. Градины были величиной с куриное яйцо (диаметр градин колебался от 1,5 до 6 см, масса градин — от 40 до 125 г).

Исключительно сильным был град, выпавший 19 августа 1954 г. в Григоровке Киевской области. Диаметр градин составлял 35 мм. Земля была покрыта слоем града в 3—5 см. Выпадение града сопровождалось сильным юго-юго-восточным ветром, скорость которого превышала 20—25 м/с. В этот день такой же град выпал и в других местах вблизи Киева (в Козине), а также в 30 км западнее Киева (в направлении на Житомир). В Киеве град был менее интенсивным. 7 июня 1966 г. градом диаметром 30 мм в Киево-Святошинском районе были повреждены овощные культуры.

В Киеве град наблюдается преимущественно в теплый период года. Начиная с апреля число дней с градом постепенно возрастает и достигает наибольшей повторяемости в мае и июне (табл. 68). Затем с июля и августа число дней с градом уменьшается. Иногда (3—6 раз в 100 лет) град возможен в марте и ноябре [102]. За год отмечается в среднем два дня с градом, но ни в одном из месяцев град не бывает ежедневно.

Повторяемость числа дней с градом весьма устойчива и сравнительно мало меняется от года к году. Соответственно среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) в отдельные месяцы равно 0,3—1,0 дня, а за год  $\sigma$  составляет почти два дня (табл. 68).

В 22% лет града не бывает совсем (табл. 69). В мае повторяемость выпадения града составляет 40%, июне — 33%, июле — 22%, а в остальные месяцы — не более 10%.

Следует заметить, что повторяемость частого образования града (3 дня и более) в отдельные месяцы не превышает 5%. Град выпадает преимущественно в послеобеденные часы, когда наблюдается максимальное развитие термической конвекции. Наибольшая повторяемость приходится на интервал от 14 до 16 ч (рис. 36).

Выпадение града продолжается обычно от нескольких минут до четверти часа. Повторяемость такой продолжительности града составляет более 90% (табл. 70). В 5% продолжительность выпадения града колеблется от 15 до 30 мин.

Градовые явления обычно связаны с грозами и ливнями, которые предшествуют выпадению града. Однако град — более редкое явление, чем гроза. На один случай выпадения града в среднем приходится 12 гроз.

Град, как явление погоды, хорошо изучен, в настоящее время разработаны и применяются эффективные методы борьбы с ним.

Таблица 68  
Число дней  $n$  с градом

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$
IV	0,3	0,94
V	0,7	0,96
VI	0,5	0,72
VII	0,2	0,41
VIII	0,2	0,50
IX	0,1	0,32
Год	2,0	1,79

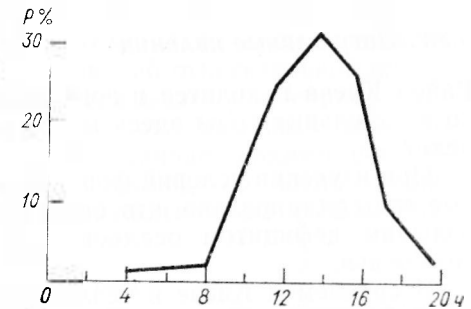


Рис. 36. Повторяемость  $P$  (%) града в различные часы суток.



Таблица 69

Повторяемость (%) различного числа дней с градом

Число дней	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Год
0	90	60	67	78	88	91	93	22
1	5	23	24	22	8	9	7	29
2	—	12	8	—	4	—	—	22
3	2	4	1	—	—	—	—	11
4	2	1	—	—	—	—	—	8
5	1	—	—	—	—	—	—	3
>5	—	—	—	—	—	—	—	5

Таблица 70

Повторяемость (%) выпадения града различной продолжительности  $\tau$ 

Продолжительность, мин						$\tau_{\text{наиб}}$ ч мин	Дата
< 5	6—15	16—30	31—45	46—60	> 60		
55	38	5	—	—	2	1 30 (с перерывами)	9 V 1945 г.

## 6.2.7. Засушливые явления

Район Киева находится в зоне достаточного увлажнения, однако в отдельные годы здесь могут наблюдаться засушливые явления.

При изучении условий формирования засушливости в отдельные годы установлено, что большинство из них отличалось как большим дефицитом осадков, так и длительными периодами бездождья.

В среднем в Киеве в теплый период года ежегодно бывает 5—6 периодов без осадков различной продолжительности (табл. 71). Величина  $\sigma$  изменяется незначительно (1,3—1,6 периода),  $C_v$  не превышает 0,3.

Таблица 71

Количество периодов  $N$  без осадков

Месяц	$\bar{N}$	$\sigma$	$C_v$	$N_{\text{наиб}}$	Год
IV	5,3	1,5	0,28	9	1923
V	5,8	1,3	0,22	9	1969
VI	5,8	1,5	0,26	9	1953
VII	5,6	1,5	0,26	10	1897
VIII	5,6	1,6	0,29	9	1967
IX	4,8	1,5	0,32	9	1946
X	5,0	1,3	0,27	8	1954
IV—X	37,10	4,4	0,12	49	1923

Как видно из табл. 72, средняя продолжительность одного периода без осадков равна 3—4 дня, но в отдельные годы он может продолжаться 20—25 дней и более. Максимальная продолжительность периода без осадков составляет 36 дней (с 23 сентября по 28 октября 1907 г.).

Таблица 72

Продолжительность  $\tau$  (дни) одного периода без осадков

Месяц	$\bar{\tau}$	$\sigma$	$C_v$	$\tau_{\text{наиб}}$	Год
IV	3,0	2,6	0,77	19	1920
V	2,7	2,1	0,70	14	1936
VI	2,5	2,3	0,78	26	1964
VII	2,7	3,0	0,73	16	1932
VIII	3,1	4,0	0,87	25	1929
IX	4,0	2,5	0,95	36	1907
X	2,9	2,7	0,78	18	1962
IV—X	3,0	—	0,82	36	1907

Первые дни бездождных периодов, следующие непосредственно за днями с дождем, не представляют опасности для развития сельскохозяйственных культур. При длительных периодах бездождья в среднем к десятому дню устанавливается устойчивый режим высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха, после чего бездождье оказывает уже отрицательное влияние на развитие растений. Поэтому начиная с десятого дня все последующие дни бездождных периодов принято считать засушливыми. В среднем за теплый период их число равно 10 дням (табл. 73). В отдельные влажные годы (1893, 1894,

Таблица 73

Число засушливых дней  $n$ 

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{наиб}}$	Год
IV	5,3	6,7	27	1948
V	5,0	6,6	25	1934
VI	3,8	5,6	22	1950
VII	2,9	5,2	29	1936
VIII	3,4	4,9	25	1951
IX	6,1	6,4	27	1907
X	9,1	9,1	31	1963
IV—X	35,6	19,1	78	1920

1902, 1922, 1925, 1933, 1941, 1970 гг. и др.) число засушливых дней изменяется от 10 и менее; в засушливые годы (1899, 1910, 1920, 1934, 1936, 1937, 1944, 1948—1951, 1961, 1963, 1968, 1970 гг. и др.) — до 60 дней и более.

**Суховеи.** Длительные периоды бездождя в сочетании с другими метеорологическими элементами оказывают отрицательное влияние на деятельность многих отраслей городского хозяйства. Различное количественное соотношение между этими элементами приводит к возникновению засушливых и суховеиных явлений.

Большинство исследователей [17, 48] в качестве показателя суховея принимают ветер скоростью 5 м/с и более (на высоте флюгера), при котором хотя бы в один срок наблюдений относительная влажность понижается до 30% и менее, а температура воздуха составляет 25°C и выше.

В Киеве повторяемость суховея незначительна: всего от 1 до 5 раз в 10 лет (в отдельные месяцы) и до 2 дней за год (табл. 74). В засушливые годы, например, в 1936 г., было 6 дней с суховеем.

Таблица 74  
Число дней  $n$  с суховеем

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{наиб}}$	Год
IV	0,1	0,5	3	1943
V	0,2	0,5	2	1954
VI	0,3	0,6	2	1956
VII	0,5	0,9	2	1947
VIII	0,5	0,9	4	1938
IX	0,2	0,5	2	1955
Год	1,8	1,7	6	1936

**Пыльные бури.** Возникают часто при засушливой погоде и повышенных скоростях ветра до значений, при которых происходит перенос с земной поверхности частиц пыли и песка.

Пыльные бури оказывают отрицательное влияние на все стороны хозяйственной деятельности человека. Они значительно ухудшают санитарно-гигиенические условия города, затрудняют работу транспорта, строительства и др.

Среднее число дней с пыльными бурями в период с апреля по август составляет 2—5 за десятилетие (табл. 75). С ноября

Таблица 75  
Число дней  $n$  с пыльной бурей

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$
II	0,09	0,5	VII	0,2	0,5
III	0,03	0,2	VIII	0,2	0,5
IV	0,2	0,5	IX	0,09	0,3
V	0,5	0,8	X	0,09	0,3
VI	0,5	0,9	Год	1,9	2,1

по ноябрь пыльные бури в Киеве не отмечались, в остальные месяцы они бывают один раз в 10 лет. Величина среднего квадратического отклонения превышает средние значения. Следует отметить, что повторяемость пыльных бурь до 2 дней и более в отдельные месяцы не превышает 10% (табл. 76).

Таблица 76  
Повторяемость (%) различного числа дней с пыльной бурей

Число дней	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Год
1	97	97	81	65	61	81	88	90	68
2	—	3	16	26	26	16	6	10	12
3	—	—	3	6	7	3	6	—	8
4	3	—	—	3	6	—	—	—	8
5	—	—	—	—	—	—	—	—	4

Пыльные бури — сравнительно частое явление, особенно в засушливые и суховеиные годы. За последние 40 лет в Киеве они наблюдались в 1946, 1947, 1950, 1953, 1954, 1956, 1969 гг.

Средняя продолжительность одной пыльной бури бывает немногим более часа (табл. 77). В большинстве случаев (около

Таблица 77  
Повторяемость (%) пыльных бурь различной продолжительности  $\tau$  (ч)

	Продолжительность, ч				$\tau_{\text{наиб}}$	Дата
	< 1	1—5	5—10	10—15		
1969	79	17	2	2	12,5	18 II 1969 г

70%) наблюдаются пыльные бури продолжительностью менее часа. Исключительно сильные и продолжительные пыльные бури были в 1969 г. Характерным является то, что они наблюдались зимой. В Киеве и Киевской области пыльные бури (приносная пыль) отмечались в период с 16 по 19 февраля 1969 г. главным образом в юго-восточной части области, где они продолжались от 13 до 60 ч при скорости ветра 12—20 м/с, местами (в Ужотине) порывы до 28 м/с, видимость временами ухудшалась до 100 м. На северо-западе области пыльные бури были более слабыми и менее продолжительными (до 9—10 ч).

Пыльные бури 1969 г. возникали за счет переноса с юго-востока СССР мелкой пыли зимой, когда поверхность почвы в Киевской области была покрыта снежным покровом, существенного ущерба народному хозяйству они не причинили.

Таблица 78

Гидротермический коэффициент (ГТК) и его вероятность выше указанных пределов

Наибольшее значение ГТК	Год	Среднее значение ГТК	$\sigma$	$C_v$	Вероятность, %				
					5	10	20	30	40
2,23	1933	1,11	0,32	0,29	1,66	1,52	1,35	1,23	1,14

Наибольшее значение ГТК	Год	Вероятность, %						Наименьшее значение ГТК	Год
		50	60	70	80	90	95		
2,23	1933	1,07	0,99	0,92	0,84	0,74	0,66	0,48	1900

Рядом авторов [17, 63] при оценке агроклиматических ресурсов и характеристике засух применяется комплексный показатель — гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК), вычисленный как отношение суммы осадков к сумме температур за тот же период, уменьшенной в 10 раз.

В Киеве средний гидротермический коэффициент за период со средними суточными температурами воздуха выше  $10^{\circ}\text{C}$  равен 1,1 (табл. 78). От года к году ГТК меняется незначительно, среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) для ГТК составляет 0,32, а коэффициент вариации ( $C_v$ ) не превышает 0,3. В засушливые годы ГТК может уменьшаться до 0,5—0,6, а во влажные — увеличиваться до 1,5—2,0 и более; по табл. 79 можно определить значения ГТК заданной вероятности.

## КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ

Деление на климатические сезоны условно проводится по средним датам устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $0$  и  $15^{\circ}\text{C}$  (в сторону их повышения и понижения). В районе Киева начало и конец сезонов не совпадает с принятым календарным делением.

Большую помощь при планировании в городском хозяйстве различных мероприятий могут оказать сведения о датах наступления средней суточной температуры воздуха в различных пределах ( $5$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  и др.). Поэтому наряду с датами наступления сезонов ниже приводятся также даты переходов температуры воздуха через другие пределы.

Дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью принимается за начало зимнего сезона [10, 92].

Средняя суточная температура воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  в Киеве и его окрестностях устанавливается в двадцатых числах ноября (табл. 79), однако устойчивые морозы обычно начинаются только в первой декаде декабря. Весь период (предзимье) от даты перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  до начала устойчивых морозов длится 16 дней.

Величина среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ), характеризующая временную изменчивость перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ , изменяется значительно и составляет 14 дней.

Следует отметить, что начало зимы, по сравнению с датами наступления других сезонов, подвержено наибольшему колебанию из года в год. В зависимости от особенностей синоптических процессов даты наступления зимнего сезона в отдельные годы существенно меняются. Так, в 1902, 1908, 1919, 1920, 1921, 1941, 1956 гг. и др. средняя суточная температура ниже  $0^{\circ}\text{C}$  установилась на 20 дней раньше средней даты, а в 1901, 1912, 1913, 1960 гг. и др. — позже. Один раз в 20 лет (5%-ная вероятность) зима может наступить в начале ноября или в двадцатых числах декабря, а один раз в 4 года (25%-ная вероятность) — до 11 ноября или после 3 декабря (табл. 79).

Таблица 79

Даты наступления средних суточных температур воздуха через определенные пределы и их вероятность выше указанных пределов

Температура, °С	Сезон	Средняя дата	Год	Средняя дата	Вероятность, %					Самое позднее лето	Год
					5	10	25	50	75		
0	Осень	21 XI	1920	8 XI	14 XI	24 XI	3 XII	10 XII	18 XII	29 XII	1960
	Весна	20 III	1925	1 III	7 III	16 III	23 III	28 III	30 III	5 IV	1929
5	Весна	17 III	1921	24 III	30 III	5 IV	12 IV	17 IV	19 IV	21 IV	1929
	Осень	8 X	1920	14 X	21 X	26 X	3 XI	9 XI	13 XI	19 XI	1926
10	Весна	6 IV	1920	14 IV	21 IV	26 IV	30 IV	5 V	6 V	7 V	1912
	Осень	20 IX	1959	4 X	14 X	22 X	28 X	3 X	9 X	23 X	1907
15	Весна	2 V	1920	15 V	25 V	4 VI	9 VI	15 VI	16 VI	19 VI	1928
	Осень	21 VII	1926	27 VIII	31 VIII	7 IX	15 IX	21 IX	13 IX	29 IX	1909

Таблица 80

Продолжительность  $\tau$  (дней) сезонов и ее вероятность выше указанных пределов

Сезон	Таблб	Год	$\tau$	$C_v$	Вероятность, %					Год	
					5	10	25	50	75		90
Зима	139	1938-06	114	0,15	128	120	103	83	65	44	1913-14
Весна	105	1925	56	0,25	85	75	65	49	41	38	1929
Лето	138	1937	120	0,12	120	120	110	90	64	72	1933
Осень	120	1920	70	0,37	96	86	76	59	56	44	1913

Устойчивые морозы прекращаются 20 февраля. Переход к более высокой суточной температуре воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  весной происходит за окончание зимы. Это наблюдается обычно в двадцатых числах марта.

Зима в Киеве длится до 120 дней. В центре города период со средней суточной температурой воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$  несколько короче, чем на окраинах, в связи с тем, что в городских условиях температура воздуха вообще несколько выше. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) продолжительности зимы равно 18 дням, а коэффициент вариации  $C_v$  — 0,15 (табл. 80).

Зима 1902-03, 1907-08, 1908-09, 1931-32, 1956-57, 1968-69 гг. были наиболее продолжительными (130 дней и более) и наоборот, в 1912-13, 1913-14, 1924-25, 1949-50, 1965-66 гг. зима была наиболее короткой (не более двух месяцев). Таким образом, продолжительность зимнего сезона в Киеве может варьировать от 55 (1913-14 г.) до 139 дней (1908-09 г.). Короткая зима, как правило, бывает теплой, влажной, без устойчивого снежного покрова. Для продолжительных зим характерна морозная погода с устойчивым снежным покровом, с незначительным количеством осадков.

Один раз в 10 лет (10%-ная вероятность) продолжительность зимы может достигать 130 дней или не превышать 80 дней, а один раз в 4 года (25%-ная вероятность) — 120 или менее 95 дней (рис. 37).

Зимой на температурный режим особенно большое влияние оказывают циркуляционные процессы и связанная с ними адвекция воздушных масс. Первая половина зимы теплее, чем вторая. Установление устойчивого снежного покрова способствует понижению температуры вследствие большого отражения и излучения тепла от покрытой снегом поверхности. Из трех месяцев наиболее теплым является декабрь, наиболее холодным — январь, к нему близок февраль. Зимний характер распределения температур, как правило, наблюдается также в последней декаде ноября и первых двух декадах марта.

Зимой температура воздуха характеризуется наибольшей изменчивостью по сравнению с остальными сезонами года. Отклонение температуры воздуха в отдельные годы от средней достигает больших величин (табл. 81). Отличительной особенностью зимы является значительная повторяемость низких температур.

Наиболее холодная часть зимы — это период со средними суточными температурами ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ . В Киеве эти температуры отмечаются с конца декабря (28 декабря) до начала третьей декады февраля (22 февраля). Продолжительность периода с температурами  $-5^{\circ}\text{C}$  и ниже составляет 56 дней. Следует указать, что на окраине города период с такими температурами увеличивается на 10 дней и более.

**Низкая температура воздуха.** Понижение температуры воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже относится к опасным явлениям погоды [63]. Длительное сохранение таких температур в сочетании с другими метеорологическими явлениями оказывает отрицательное влияние на деятельность многих отраслей городского хозяйства.

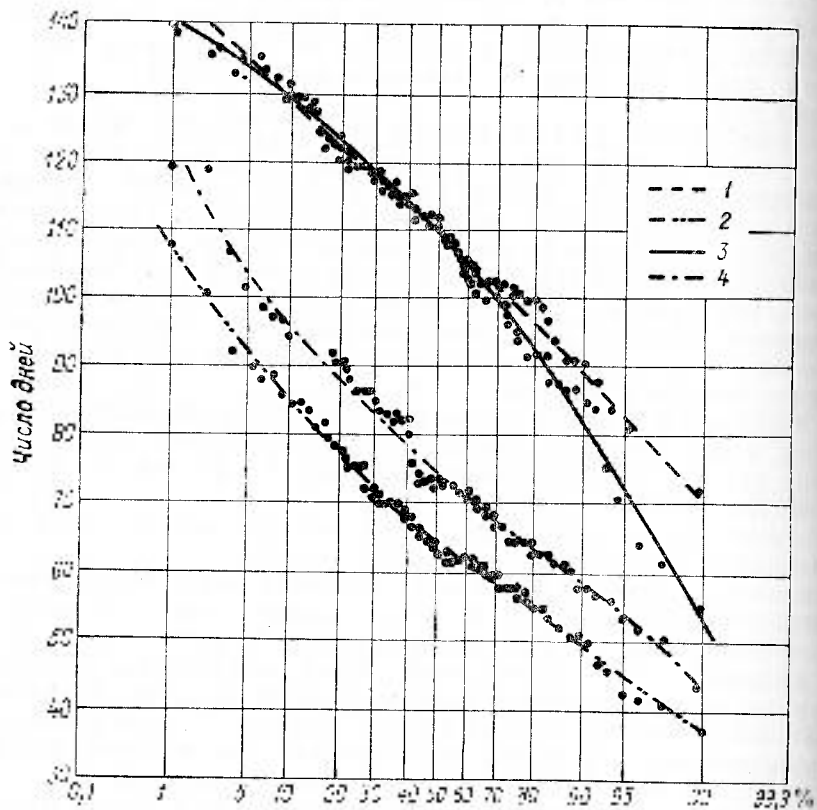


Рис. 37. Интегральная кривая продолжительности сезонов (дни) различной вероятности (%) выше указанных пределов.  
1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень.

Низкие температуры обуславливаются главным образом вторжением арктического воздуха, распространяющегося в антициклонах с северо-востока, севера или северо-запада в тылу циклонов. Устанавливается холодная погода, при которой температура воздуха понижается до  $-30$ ,  $-35^{\circ}\text{C}$ . Сильное выхолаживание происходит и при распространении с востока отрога сибирского антициклона. При этих процессах наблюдается резкое похолодание с сильным ветром и метелями.

Температура воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже в Киеве отмечается ежедневно с наибольшей повторяемостью в январе и феврале — до 11 дней в месяц (табл. 82). В ноябре температура  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже бывает крайне редко и в среднем не превышает двух дней. Первая половина марта характеризуется еще зимними синоптическими процессами, поэтому в этом месяце могут наблюдаться

Таблица 81

Отклонение от средней многолетней температуры воздуха в anomalно теплые и anomalно холодные месяцы

Год	Теплая зима			Год	Холодная зима		
	I	II	III		XI	I	II
1890-91	4,1	5,6	1,9	1890-91	-8,5	-3,1	-1,2
1891-92	3,4	5,5	2,0	1892-93	-2,2	-8,7	0,0
1892-93	2,6	2,5	4,2	1895-96	-4,8	-4,8	0,1
1893-94	3,6	0,9	5,9	1908-09	-3,8	-3,0	-3,8
1894-95	2,0	3,2	1,9	1910-11	2,6	-0,4	-5,6
1895-96	1,7	3,8	2,7	1916-17	1,1	-2,3	-5,8
1897-98	-0,5	3,4	2,4	1923-24	-0,1	-5,9	-2,2
1898-99	-1,6	5,6	6,7	1927-28	-5,8	0,6	-2,7
1899-90	1,7	3,7	1,3	1928-29	0,8	-2,9	-10,7
1900-01	2,2	6,2	-0,2	1930-31	-2,4	-1,1	-4,7
1901-02	-3,3	3,0	4,2	1939-40	0,2	-5,4	-4,3
1902-03	0,4	3,7	3,1	1940-41	-2,3	-4,1	1,9
1903-04	3,0	1,5	-0,2	1941-42	-1,0	-9,1	-3,7
1904-05	-1,9	1,0	2,3	1946-47	-2,4	-3,9	-3,0
1905-06	3,0	1,3	2,1	1953-54	-0,3	-6,6	-7,8
1906-07	0,1	1,8	5,8	1955-56	0,3	1,6	-7,9
1907-08	0,1	2,1	4,2	1962-63	-0,6	-8,0	-0,4
1908-09	2,9	5,3	2,6	1963-64	-3,6	-0,7	-2,2
1909-10	6,2	1,3	3,9	1966-67	0,0	-3,9	-1,1
1910-11	-0,4	4,5	1,4	1968-69	0,1	-3,9	-1,8
1911-12	3,6	2,0	3,4				
1912-13	1,5	2,9	1,6				
1913-14	3,1	-0,8	5,1				
1914-15	0,7	6,3	7,2				

Таблица 82

Число дней  $n$  с температурой воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже

Месяц	I	II	$n_{\text{наиб}}$	Год
XI	1,5	2,0	9	1921
XII	7,0	5,5	25	1933
I	11,2	7,5	29	1893
II	10,5	6,9	27	1929
III	3,6	4,2	18	1942
Год	33,8	15,3	74	1942

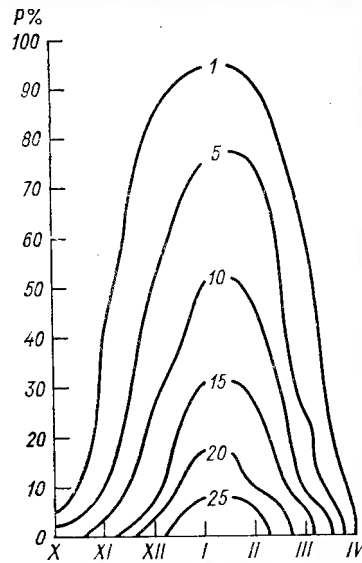


Рис. 38. Изоплеты числа дней с температурой воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже различной вероятности (%) выше указанных пределов.

духа, важной термической характеристикой является их продолжительность.

Продолжительность температуры воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже от месяца к месяцу колеблется в широких пределах (табл. 83). Если в ноябре она составляет всего 5 ч, то в январе достигает наибольших значений — 223 ч.

В Киеве преобладают сравнительно мягкие зимы с неустойчивыми морозами, в связи с этим изменчивость продолжительности низких температур характеризуется большими значениями ( $C_v = 0,6$ ).

Продолжительность непрерывного периода сохранения низких температур колеблется от нескольких часов до нескольких суток. Так, с 17 января по 2 февраля 1937 г. температура воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже сохранялась в течение 405 ч.

Периоды сильного похолодания (температура воздуха  $-20$ ,  $-25$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже) обычно кратковременны и отмечаются крайне редко. Так, температура воздуха  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже бывает не более четырех дней за зиму, температура  $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже — один день, а температура  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже отмечается один раз в 10 лет [63]. Несмотря на кратковременность сохранения очень низких температур, они приносят большой вред.

При резком понижении температуры воздуха наблюдаются наиболее низкие минимальные температуры. Абсолютный ми-

низкие температуры (до 5 дней). В среднем за зиму бывает 34 дня с такой температурой. Число дней с низкой температурой характеризуется значительной изменчивостью. Значение среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) колеблется от 2 до 8 дней. В аномально холодные годы температура воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  может наблюдаться весь месяц (январь 1893 г., февраль 1929 г.). Иногда даже в марте дней с такой температурой бывает более 15 (1921 г.). В наиболее холодную зиму 1942 г. число дней с температурой воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже составило 74 дня.

Число дней с температурой  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже в отдельные месяцы можно определить с помощью рис. 38, а за весь зимний сезон с помощью рис. 39. Такие графики позволяют рассчитать число дней любой вероятности. Кроме числа дней с низкими температурами во-

здуха, важной термической характеристикой является их продолжительность. Наибольшая повторяемость (55%) падает на январь. В городе абсолютный минимум понижался до  $-32^{\circ}\text{C}$  (см. табл. 21). На окраине города и в пригородных районах он может быть ниже на  $1-5^{\circ}$ . Такие величины абсолютного минимума за период наблюдений

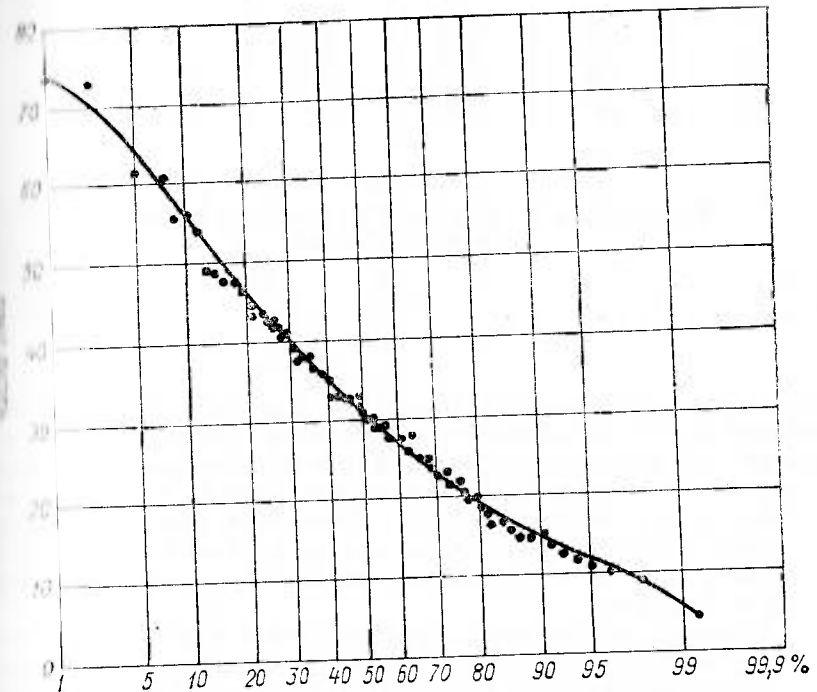


Рис. 39. Интегральная кривая числа дней с температурой воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже различной вероятности (%) выше указанных пределов. Год.

отмечались один раз (1939 г.). Один раз в 20 лет абсолютный минимум может понижаться до  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже (рис. 40), а один раз в 4 года — до  $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже.

**Оттепели.** Характерной особенностью зимы в Киеве являются оттепели. Днем с оттепелью принято считать день холодного периода, в который максимум температуры воздуха повышается до  $0^{\circ}\text{C}$  и выше. Оттепели подразделяют на адвективные, радиационные и радиационно-адвективные. Чаще всего (80%) оттепели в Киеве имеют адвективное происхождение. Обычно инверсионные оттепели наблюдаются на Украине, в том числе и в Киеве, при перемещении юго-западных и южных циклонов,

Таблица 83

Продолжительность  $\tau$ (ч) температуры воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже

Месяц	$\bar{\tau}$	$\sigma$	$C_v$	$\tau_{\text{наиб}}$	Год
XI	5	17	3,4	86	1963
XII	81	66	0,8	198	1963
I	223	193	0,9	636	1963
II	138	122	0,9	351	1940
III	36	57	1,6	256	1942
Год	483	283	0,6	1214	1942

Таблица 84

Повторяемость  $P$  (%) месяцев с абсолютным минимумом температуры воздуха

Месяц . . . . .	XII	I	II	III
$P$ % . . . . .	17,4	54,7	25,6	2,3

обуславливающих вынос теплого воздуха со Средиземного и Черного морей. Углубление этих циклонов происходит непосредственно над территорией республики и сопровождается резкими изменениями погоды. Часто оттепели наступают также при адвекции теплых воздушных масс с Атлантики, при перемещении циклонов с запада на северные или центральные районы ЕТС. Ложбины этих циклонов, направленные к югу, проходят по территории Украины.

Радиационные оттепели характеризуются ясной погодой или облачностью верхнего яруса, низкой влажностью и большими суточными амплитудами температуры воздуха. Они отмечаются реже (10%) и в температурном режиме зимы города играют незначительную роль.

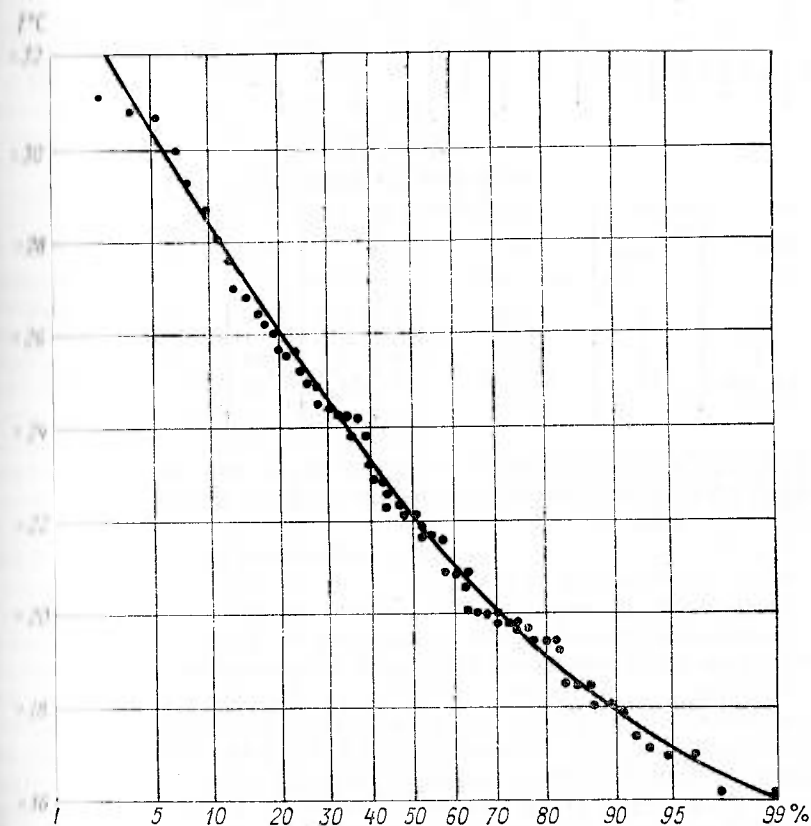
Оттепели и следующие за ними похолодания неблагоприятно влияют на деятельность отдельных отраслей хозяйства города. Почти каждую зиму они вызывают вскрытие Днепра.

За зиму в городе бывает около девяти оттепелей. В отдельные годы их количество может изменяться в небольших пределах. В отличие от количества оттепелей длительность их характеризуется значительными колебаниями.

Средняя продолжительность одной оттепели за зиму составляет 5 дней (табл. 85). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) продолжительности одной оттепели и ее средняя продолжительность близки по своим значениям. Коэффициент вариации ( $C_v$ ) равен 0,87.

Оттепели продолжительностью 1—5 дней наблюдаются шесть раз за зиму, продолжительностью 6—10 дней — два раза, а от-

тепели продолжительностью 11—15, 16—20, 21—25 дней отмечаются соответственно 5, 2 и 1 раз в 10 лет. Максимальная продолжительность одной оттепели достигает почти 30 дней. Вероятность такой оттепели составляет 1%. При длительных оттепелях температура воздуха даже в январе—феврале повышается

Рис. 40. Интегральная кривая абсолютного минимума температуры воздуха  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) различной вероятности (%) ниже указанных пределов. Год.

тепели  $5-10^{\circ}\text{C}$ . Такие оттепели обуславливают сильное таяние и даже сход снежного покрова, что в свою очередь приводит к существенным нарушениям обычной хозяйственной деятельности. Один раз в 20 лет оттепель может продолжаться более 15 дней.

Характер синоптических процессов накладывает свой отпечаток на повторяемость числа дней с оттепелью в отдельные месяцы (табл. 86). Зимой оттепели наиболее часты в декабре, они составляют 40% общего числа дней с оттепелью. В январе

Таблица 85

Продолжительность  $\tau$  (дни) оттепели и ее вероятность (%) выше указанных пределов

$\tau$	$\sigma$	$C_v$	Продолжительность, дни					$\tau_{\text{наиб}}$	Дата
			>5	>10	>15	>20	>25		
4,6	4,0	0,87	28	17	4	2	1	27	20 I—15 II 1944 г.

Таблица 86

Число дней  $n$  с оттепелью

Месяц	$n_{\text{наим}}$	Год	$\bar{n}$	$\sigma$	$C_v$	$n_{\text{наиб}}$	Год
XII	2	1933	14,9	6,3	0,42	31	1960
I	1	1891	11,9	7,3	0,61	29	1936
II	1	1954	11,9	6,0	0,50	26	1973
XII—II	14	1908-09	38,7	13,1	0,34	67	1960-61

и феврале их повторяемость одинакова. В это же время отмечается наибольшая изменчивость числа дней с оттепелью ( $\sigma=7$  дням,  $C_v=0,6$ ).

По рис. 41 можно определить повторяемость числа дней с оттепелью в отдельные месяцы.

В среднем за зимний сезон бывает до 40 дней с оттепелью. В городе отмечается увеличенное (на 2—3 дня) число дней с оттепелью по сравнению с окраиной и пригородными районами.

Количество, продолжительность оттепелей, а также их интенсивность в отдельные зимы различны. Так, в аномально теплые зимы (1898-99, 1901-02, 1909-10, 1913-14, 1924-25, 1935-36, 1947-48, 1956-57, 1960-61, 1965-66 гг. и др.) число дней с оттепелью превышало 150% среднего значения. В некоторые из них (1924-25, 1935-36, 1947-48 гг.) в Киеве отсутствовал устойчивый снежный покров. Для этих зим характерна сравнительно теплая погода с умеренными морозами и некоторым избытком осадков.

В аномально холодные зимы (1908-09, 1928-29, 1941-42, 1953-54, 1963-64 гг. и др.) число дней с оттепелью составило 60% и менее средней величины. Один раз за 10 лет (10%-ная вероятность) зимой бывает 60 дней с оттепелью (рис. 42). С этой же вероятностью в отдельные зимы их наблюдается по более 20 дней. При оттепелях максимальные температуры могут достигать 10—13°C. В связи с этим оттепели существенно влияют на режим снежного покрова. Как правило, зимы с отсутствием устойчивого снежного покрова приходятся на годы, в которые было наибольшее число дней с оттепелью. В зимы, когда

оттепели редки, снежный покров весьма устойчив. После длительных оттепелей снежный покров может иногда и полностью исчезать. При определенных условиях это может приводить к образованию ледяной корки.

Вековой ход числа дней с оттепелью за зиму представляет собой чередование периодов с более частыми и редкими оттепелями. Особенно выделяются периоды с 1897 по 1908 гг. и с 1940 по 1953 гг., когда число дней с оттепелью было особенно велико (рис. 43). Довольно хорошо выражен глубокий минимум числа дней с оттепелью за зиму, который приходится на десятилетие 1926—1935 гг. Начиная с 1918 г., число дней с оттепелью было выше нормы (за исключением зим 1953-54, 1963-64 гг.). Следует отметить, что в последние зимы на кривой векового хода отмечается уменьшение числа дней с оттепелью.

Зимой осадки в большинстве случаев выпадают в виде снега. При усилении ветра наблюдаются метели, иногда снежные заносы. Для этого сезона характерны гололедно-изморозевые явления.

Весна. Концом холодного и началом теплого периода считается весенний переход средней суточной температуры воздуха через 0°C, который условно принимается за начало весны [18, 60].

Весна в Киеве и его окрестностях в среднем наступает 20 марта (см. табл. 79). Наиболее показательной характеристикой изменчивости наступления весеннего сезона является среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), которое равно 12 дням.

По срокам наступления весны бывают ранние и поздние, а по характеру развития — дружные или затяжные. Иногда под влиянием циркуляционных процессов даты наступления весны могут значительно отклоняться от средних. Так, в 1925 г. температура выше 0°C установилась на 53 дня раньше средней, а в 1929 г. — на 20 дней позже. Один раз в 20 лет (5%-ная вероятность) весна может наступить очень рано (до 24 февраля) или очень поздно (после 30 марта), а один раз в 4 года (25%-ная вероятность) — до 7 марта или после 23 марта (см. табл. 79).

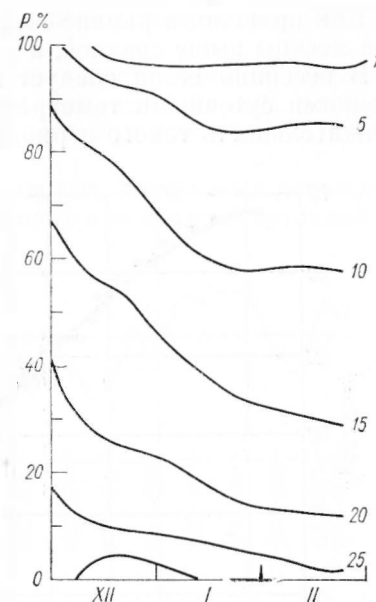


Рис. 41. Изоплеты числа дней с оттепелью различной вероятности  $P$  (%) выше указанных пределов.



Как правило, в ранние весны температура воздуха в отдельные месяцы выше средней, а в поздние — ниже.

В весенний сезон следует выделить период с устойчивыми средними суточными температурами воздуха от 0 до 5°C. Продолжительность такого периода составляет 17 дней.

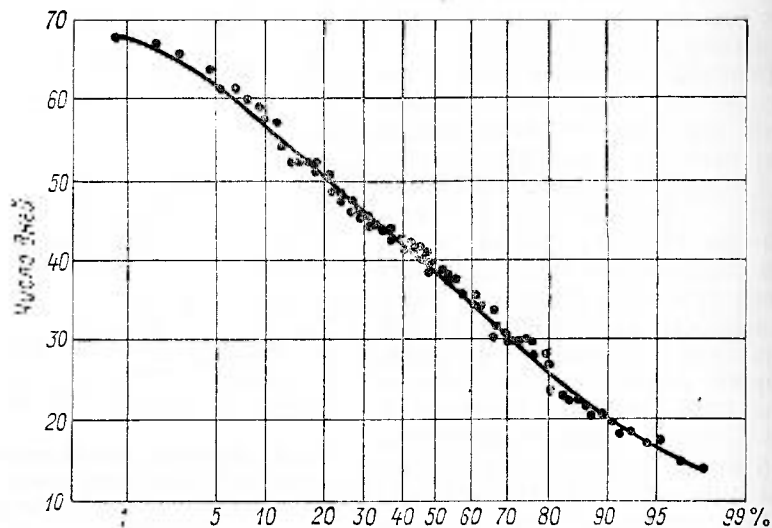


Рис. 42. Интегральная кривая числа дней с оттепелью различной вероятности (%) выше указанных пределов. Зима (декабрь—февраль).

Весной нередко установившееся тепло неожиданно сменяется возвратами холода, что создает большую изменчивость погодных условий. Это обуславливает значительные колебания в отдельные годы продолжительности периода с температурами от 0 до 5°C (от 9 в 1952 г. до 38 дней в 1914 г.).

Начало периода вегетации основных сельскохозяйственных культур примерно совпадает с датами устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C. Поэтому данные о времени наступления этих дат представляют интерес для многих отраслей городского и пригородного хозяйства.

Устойчивый переход средней суточной температуры через 5°C в Киеве происходит в первых числах апреля (см. табл. 79). Следует заметить, что изменчивость дат перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C весной по сравнению с датами перехода температуры через 0°C испытывает незначительные колебания во времени. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) составляет 8 дней. В ранние весны (один раз в 20 лет) переход средней суточной температуры через 5°C может наступить до 20 марта, а в поздние — после 20 апреля. Например,

в 1921 г. переход через 5°C произошел 17 марта, а в 1929 г. — 22 апреля.

Продолжительность периода с температурой воздуха от 5 до 10°C колеблется в тех же пределах, что и период с температурой от 0 до 5°C, т. е. переход этот происходит в среднем за 30 дней.

Активный рост и развитие плодовых и парковых насаждений города и его окрестностей происходит при средней суточной тем-

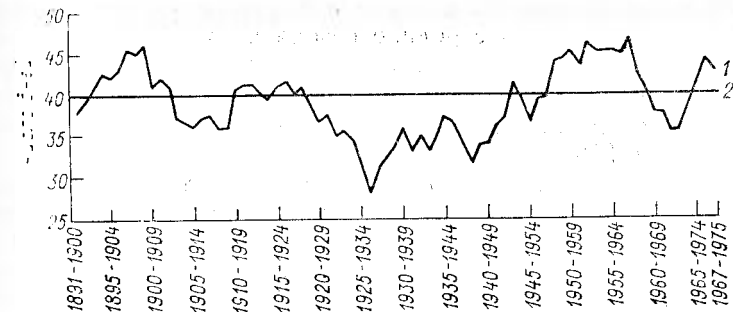


Рис. 43. Среднее число дней с оттепелью. Зима (декабрь—февраль)  
1 — скользящие 10-летние средние, 2 — среднее многолетнее.

пературе воздуха выше 10°C. Период с такой температурой называется вегетационным.

Переход температуры воздуха через 10°C в Киеве в среднем осуществляется 24 апреля. Временная изменчивость испытывает незначительные колебания ( $\sigma=7$  дням). В отдельные годы переход средней суточной температуры воздуха через 10°C может наступить на 15 дней раньше средней даты (1912, 1941 гг. и др.) или позже (1920, 1950, 1966 гг.). Один раз в 20 лет переход через 10°C осуществляется до 10 апреля или после 6 мая, а один раз в 4 года — до 21 апреля или после 30 апреля.

Установление периода с температурой от 10 до 15°C происходит в течение 26 дней.

Конец весны и началом лета можно считать устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 15°C. Этот переход в среднем осуществляется 20 мая. Однако окончание весны, как и ее начало, может значительно колебаться из года в год.

Весна в Киеве наиболее короткий сезон и длится всего около 60 дней (см. табл. 80). Продолжительность весны (период со средней суточной температурой от 0 до 15°C) испытывает значительные колебания, о чем свидетельствует среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), равное 14 дням. По рис. 37 можно определить продолжительность весеннего сезона с различной вероятностью.

Погода в течение весеннего сезона характеризуется неоднородностью и изменчивостью. Первый период еще сохраняет некоторые зимние черты, второй уже приобретает явные свойства летнего сезона. Характерной особенностью весны является интенсивное повышение средних суточных температур воздуха, в результате чего устойчивый снежный покров разрушается, почва постепенно оттаивает и прогревается. Наблюдается усиленное испарение с поверхности почвы, воздух насыщается влагой, но относительная влажность в связи с быстрым ростом температуры в дневные часы в середине сезона понижается в среднем до 50% и менее. Следует отметить, что повышение температуры весной идет значительно быстрее, чем ее понижение осенью. С ростом температуры увеличивается средняя суточная амплитуда температуры.

Весны бывают аномально теплыми и аномально холодными в зависимости от преобладающего типа циркуляции. Следует отметить, что в последнее десятилетие наблюдались весны со значительной аномальностью (табл. 87). Весной часто наблюдаются заморозки, которые наносят ущерб садам и огородным культурам. В отдельные весны бывают грозы.

Таблица 87

Отклонение от средней многолетней температуры воздуха в аномально теплые и аномально холодные месяцы

Год	Теплая весна			Год	Холодная весна		
	III	IV	V		III	IV	V
1890	2,1	3,3	2,0	1893	0,4	-4,4	-2,1
1897	1,6	2,3	2,8	1896	-0,3	-3,1	-1,3
1906	2,4	2,6	3,3	1898	-3,9	-2,1	1,8
1913	4,7	3,1	-2,4	1900	-2,3	-1,6	-0,4
1914	4,4	0,9	1,1	1902	0,8	-2,1	-2,2
1920	3,4	5,2	2,3	1904	-1,9	-0,7	-2,7
1921	5,3	3,3	2,0	1907	-2,0	-2,5	2,2
1925	2,4	1,7	2,2	1909	-1,1	-2,4	-2,3
1934	3,9	3,4	2,0	1912	2,7	-1,9	-3,1
1936	3,3	0,0	1,7	1917	-3,2	0,7	-2,2
1937	2,5	0,4	2,7	1928	-4,8	-1,2	-1,6
1950	1,5	5,4	1,1	1929	-4,1	-5,3	2,1
1961	3,9	2,2	-1,5	1932	-4,3	-0,6	1,9
1966	3,7	4,0	1,7	1931	-2,3	-2,9	2,3
1967	2,0	2,1	2,8	1933	-0,7	-3,6	-1,7
1972	1,8	3,4	1,2	1940	-3,1	-1,9	-0,4
1975	4,1	3,7	4,3	1941	-1,2	-0,2	-3,3
				1942	-6,4	-3,0	-1,4
				1952	-6,0	1,8	-2,0
				1955	-0,4	-2,5	-1,3
				1964	-3,7	1,0	-1,7
				1965	0,3	-2,2	-2,0
				1969	-3,2	-0,2	0,1

Лето. Летний сезон ограничен датами перехода средней суточной температуры воздуха через 15°C в период ее повышения и понижения.

В Киеве лето начинается обычно в двадцатых числах мая (см. табл. 79). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) начала летнего сезона равно 11 дням. Под влиянием циркуляционных процессов даты наступления летнего сезона могут значительно отклоняться от года к году. Так, в 1906, 1920 гг. средняя суточная температура воздуха 15°C и выше установилась на 15 дней раньше средней даты, а в 1913, 1928, 1933, 1942 гг. — на 20 дней позже. Один раз в 20 лет (5%-ная вероятность) лето может наступить до 4 мая или после 15 июня, а один раз в 4 года (25%-ная вероятность) — до 10 мая или в конце мая (см. табл. 79).

Окончание лета (осенний переход средней суточной температуры воздуха через 15°C) в среднем наблюдается в первой декаде сентября. Осенний переход средней суточной температуры через 15°C происходит несколько быстрее, чем весной. Окончание лета, как и его начало, может значительно изменяться.

В Киеве лето намного короче зимы и составляет 115 дней (см. табл. 80). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) равно 15 дням. Продолжительность летнего сезона может колебаться от 72 (1933 г.) до 138 дней (1937 г.) в году. Один раз в 20 лет продолжительность летнего сезона может достигать 135 дней и более или не превышать 80 дней (см. рис. 37). В большинстве случаев продолжительное лето характеризуется высокими температурами и незначительным количеством осадков, в то время как короткое бывает холодным и влажным.

Продолжительность лета (периода со средней суточной температурой воздуха выше 15°C) в значительной мере зависит от сроков наступления сезона, т. е. чем раньше начинается лето, тем оно продолжительнее. Так, если переход через 15°C весной осуществляется в первой декаде мая, то продолжительность лета превысит 110 дней. Если лето начинается во второй или третьей декаде мая, продолжительность летнего сезона составит не менее 90 дней. При более позднем наступлении лета (первая декада июня) продолжительность сезона уменьшается до 80 дней.

В начале лета наблюдается преимущественно теплая, перепадающая в жаркую погоду. Циклоническая деятельность к лету ослабевает, преобладают трансформационные процессы, воздух прогревается на месте, температура становится более однородной, пределы ее колебания сужаются.

В летние месяцы температура повышается значительно медленнее, чем весной. Температура воздуха более устойчива, чем в другие сезоны года, тем не менее отклонения средних месячных температур воздуха и летом в отдельные годы бывают довольно значительные (табл. 88).

Таблица 88

Отклонение от средней многолетней температуры воздуха в anomalно теплые и anomalно холодные месяцы

Год	Теплое лето			Год	Холодное лето		
	VI	VII	VIII		VI	VII	VIII
1897	0,8	2,2	1,7	1894	-3,3	0,0	-0,3
1920	-2,1	2,8	1,8	1899	-2,8	-0,6	-2,6
1924	3,6	-1,4	0,0	1902	0,4	-2,7	-1,4
1936	1,2	5,8	-0,5	1904	-1,7	-2,4	-1,3
1938	0,8	2,9	3,2	1907	-0,5	-1,8	-1,4
1939	1,7	1,8	3,3	1911	1,5	-2,7	-2,6
1946	3,4	0,8	4,1	1912	0,5	-2,6	-1,2
1953	3,1	2,3	0,5	1913	-2,3	-1,9	0,4
1954	4,0	0,5	1,7	1928	-3,4	-0,2	-2,2
1959	1,2	3,6	1,0	1933	-2,9	-0,2	-2,0
1963	-0,5	1,8	2,2	1942	-2,4	-0,6	1,4
1972	1,9	2,2	2,2	1962	-1,2	-2,4	0,0
1975	4,3	3,2	0,5	1974	-2,1	-0,8	-1,9
				1976	-2,1	-1,6	-1,7

**Высокая температура воздуха.** Наиболее теплая погода устанавливается после устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 20°C. Такой переход отмечается с 8 июля по 11 августа. На окраине города и в пригороде этот период короче на 5—10 дней. В это время отмечаются высокие температуры воздуха (25°C и выше), которые для Украины относятся к числу опасных явлений [63, 83].

Наступление высоких температур воздуха связано с поступлением сухого континентального воздуха умеренных широт или выносом тропического воздуха из Средней Азии и Казахстана, а также может наблюдаться в условиях малоподвижных термических депрессий.

При интенсивном накоплении тепла от весны к лету формирование высоких температур начинается главным образом в мае и заканчивается в сентябре, когда приток тепла от лета к осени уменьшается. Бывают годы, когда температура воздуха 25°C и выше в Киеве отмечается в апреле (4 дня за десять лет) и в октябре (2 дня за десять лет). На общем фоне еще неустойчивой погоды во второй половине июня начинает устанавливаться антициклонический тип погоды и число дней с высокой температурой увеличивается (табл. 89). В июле почти ежедневно формируется температура воздуха 25°C и выше. В августе также отмечается значительное число таких температур, но уже прослеживается тенденция к их уменьшению.

Среднее число дней с температурой 25°C и выше за теплый период составляет 56. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) в отдельные месяцы равно 6, а за год — 15 дням.

Таблица 89

Число дней  $n$  с температурой воздуха 25°C и выше

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{наиб}}$	Год
V	6,7	4,8	18	1975
VI	13,0	6,0	27	1901
VII	17,3	5,8	31	1936
VIII	14,2	6,4	29	1929
IX	4,9	4,4	18	1909
Год	56,1	15,4	91	1946

В отдельные годы число дней может значительно отклоняться от своей нормы. Так, в 1936 г. высокая температура непрерывно отмечалась с 23 июля по 6 августа, т. е. 45 дней. Причем число дней с максимальной температурой выше 30°C составляло 23 дня, а с максимальной температурой 35°C и выше — 4 дня. Такой же период с устойчивой жаркой погодой наблюдался в августе 1946 г., число дней с максимальной температурой 30°C и выше достигало 16 дней, а с температурой 35°C и выше — 7 дней.

Хотя высокие температуры отмечаются ежегодно, их продолжительность значительно меняется от месяца к месяцу (табл. 90).

Таблица 90

Продолжительность  $\tau$  (ч) температуры воздуха 25°C и выше

Месяц	$\bar{\tau}$	$\sigma$	$C_{\tau}$	$\tau_{\text{наиб}}$	Год
V	24	22,6	0,94	113	1958
VI	78	52,4	0,67	211	1964
VII	123	80,2	0,65	398	1936
VIII	87	46,4	0,53	193	1938
IX	15	15,0	1,00	57	1963
Год	327	110,5	0,36	588	1936

В мае нередко бывают жаркие дни, но высокие температуры сохраняются недолго. Суммарная продолжительность за месяц равна 24 ч. В июне продолжительность температуры воздуха 25°C и выше увеличивается почти в четыре раза. Наиболее длительное сохранение высоких температур наблюдается в июле, что связано с интенсивной трансформацией воздушных масс. По своим значениям продолжительность высокой температуры в августе близка к значениям в июле, но несколько уменьшается. В сентябре происходит резкое сокращение высоких температур, их продолжительность сокращается в восемь раз по сравнению с июлем.

Продолжительность высокой температуры воздуха характеризуется большой изменчивостью, особенно она велика в мае и сентябре. В июле—августе наблюдается наименьшая изменчивость (табл. 90).

Продолжительность одного непрерывного периода составляет в среднем 6,5 ч при изменчивости  $\sigma=4,1$ ,  $C_v=0,63$ . Наибольшая продолжительность отмечалась в Киеве 29—30 июля 1936 г. и достигала 39 ч.

В Киеве ежегодно в том или ином летнем месяце отмечается и очень высокая температура воздуха (30°C и выше). Эта температура наблюдается главным образом в июне—августе (табл. 91). Возможна она в мае и сентябре (по 5 дней за де-

Таблица 91  
Число дней  $n$  с температурой воздуха 30°C и выше

Месяц	$\bar{n}$	$\sigma$	$n_{\text{макс}}$	Год
V	0,5	1,3	8	1958
VI	2,4	2,9	15	1924
VII	4,7	4,4	23	1936
VIII	3,8	3,9	19	1890
IX	0,4	1,0	4	1944
Год	11,8	7,7	32	1946

сять лет в каждом месяце). В среднем за сезон число дней с температурой воздуха 30°C и выше составляет 12 дней.

Величины среднего квадратического отклонения близки по своим значениям к величинам среднего числа дней, что указывает на большую их изменчивость.

Наибольшее число дней с очень высокой температурой, как и число дней с температурой воздуха 25°C и выше, наблюдалось в июле 1936 г. (23 дня), а за сезон — в 1946 г. (32 дня). Это число дней отмечалось один раз за весь период наблюдений. Один раз в двадцать лет возможно 25 дней с такой температурой за летний сезон (табл. 92).

Таблица 92  
Вероятность (%) числа дней с температурой воздуха 30°C и выше в различных пределах

Число дней					
>5	>10	>15	>20	>25	>30
72	54	31	16	5	2

Высокие температуры оказывают неблагоприятные воздействия на хозяйственную деятельность города, вызывая напряжение в водообеспечении, связанное с усиленным поливом огородов, парков, садов и т. д.

С помощью рис. 44, 45 можно рассчитать повторяемость высоких температур как в отдельные месяцы, так и за сезон в целом и учитывать при планировании расходов воды. Так, ежегодно в летний сезон бывает до 50 дней с температурой воздуха 25°C и выше. Один раз в 20 лет их число достигает 90.

Киев не относится к жарким районам. Однако в отдельные экстремально теплые годы абсолютный максимум температуры воздуха достигает рекордных значений. Так, например, самые высокие максимальные температуры воздуха за весь период наблюдений отмечались в июле 1936 г. (39,1°C) и в августе 1946 г. (39,3°C). Абсолютный максимум, как правило, и наблюдается в июле—августе (табл. 91). Однако рекордные максимумы могут отмечаться даже в мае и сентябре. Для обслуживания многих отраслей хозяйства города необходимо иметь данные, позволяющие определить абсолютный максимум с различной вероятностью. Эти данные можно получить с помощью интегральной кривой, характеризующей распределение абсолютного максимума (рис. 46). Абсолютные максимумы в Киеве устойчивы и однородны по своему характеру. Они ежегодно абсолютный максимум достигает 30°C. Один раз в 10 лет (10%-ная вероятность) он превышает 35°C.

Летом преобладают влажные северо-западные и западные ветры, они приносят значительное количество осадков. По характеру выпадения дождей преобладают ливни. В этом сезоне развивается грозовая деятельность. Грозы в отдельных случаях сопровождаются выпадением града. Довольно часто бывают засушливые явления.

Осень. Осенний переход средних суточных температур через

Осень. Осенний переход средних суточных температур через

Осень. Осенний переход средних суточных температур через

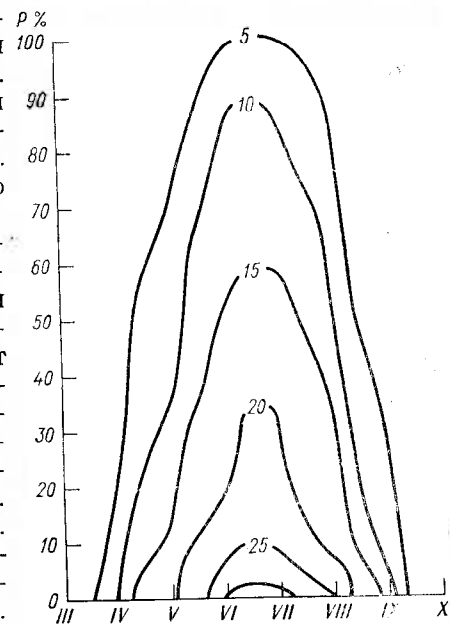


Рис. 44. Изоплеты числа дней с температурой воздуха 25°C и выше различной вероятности P (%) выше указанных пределов.

15°C принимают за конец лета и начало осени. В Киеве в среднем осень наступает 12 сентября (см. табл. 79). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) дат перехода средних температур через 15°C равно 9 дням. Переход температуры через 15°C осенью происходит несколько быстрее, чем весной. Однако в отдельные годы под влиянием особенностей атмосферной циркуляции даты наступления осени могут значительно отклоняться

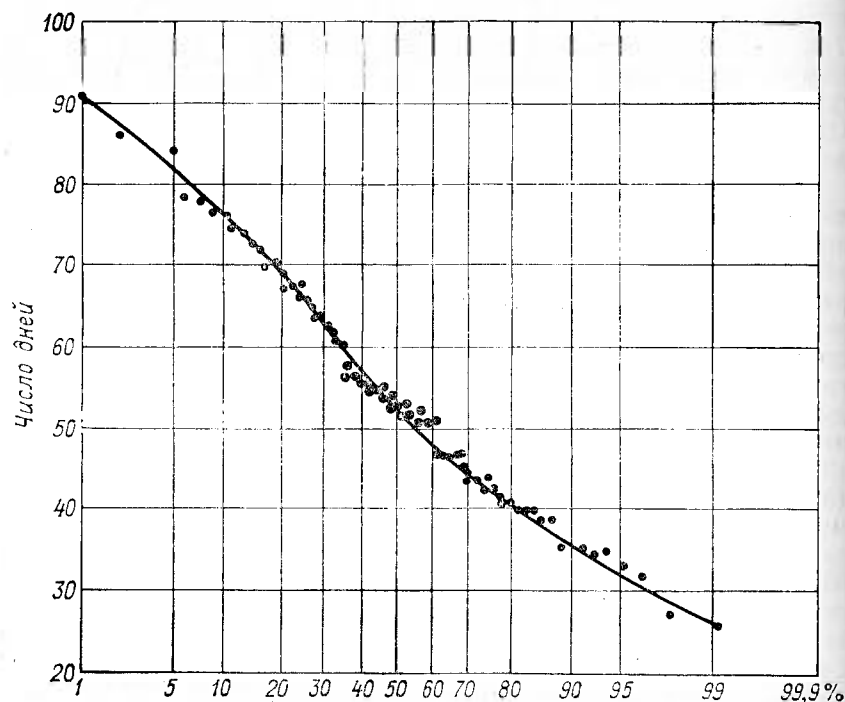


Рис. 45 Интегральная кривая числа дней с температурой воздуха 25°C и выше различной вероятности (%) выше указанных пределов. Год.

от средних. Так, в 1926 г. осень наступила 21 августа, а в 1909 г. — только в конце сентября. Следует отметить, что такая ранняя и поздняя осень наблюдаются один раз в 20 лет (5%-ная вероятность). Как правило, в раннюю осень средняя температура отдельных месяцев бывает на 2—3°C выше средней, а в позднюю соответственно ниже.

Осенью необходимо проводить целый ряд хозяйственных мероприятий по подготовке к зиме. В связи с этим для различных отраслей городского хозяйства представляют интерес данные о датах перехода и продолжительности периодов с температурой воздуха в определенных пределах (от 15 до 10°C, от 10 до 5°C и от 5 до 0°C).

Таблица 93

Повторяемость  $P$  (%) месяцев с абсолютным максимумом температуры воздуха

Месяц . . . . .	V	VI	VII	VIII	IX
$P$ . . . . .	1,1	14,8	47,7	33,0	3,4

Продолжительность периода с температурой воздуха от 15 до 10°C составляет 27 дней. В отдельные годы этот период колеблется от 12 до 45 дней.

С переходом температуры воздуха через 10°C заканчивается вегетация основных теплолюбивых культур. Этот переход в среднем приходится на начало октября. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) равно 8 дням, что несколько больше, чем весной. Однако в отдельные годы осенний переход средней суточной температуры воздуха через 10°C значительно отклоняется от средних дат.

Продолжительность периода активной вегетации (с температурой воздуха 10°C и выше) в Киеве составляет 162 дня (табл. 94). Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) равно 11 дням. Однако из года в год этот период колеблется в больших пределах. Так, в 1912 г. период с температурой воздуха 10°C и выше продолжался всего 136, а в 1966 г. — 193 дня. Один раз в 5 лет он может длиться 180 или всего 140 дней (рис. 47).

Большую помощь при планировании городского хозяйства могут оказывать сведения о продолжительности вегетационного периода в каждом году. Продолжительность вегетационного периода в значительной мере зависит от сроков наступления средней суточной температуры воздуха 10°C и выше весной, т. е. чем раньше он наступает, тем больше его продолжительность.

Суммы температур, вычисленные за период с устойчивыми температурами выше 10°C, характеризуют количество тепла за период вегетации теплолюбивых культур. В Киеве суммы температур выше 10°C составляют около 2700°, в окрестностях города несколько меньше (2600°).

Переход температуры от 10 до 5°C осенью осуществляется за 26 дней. Нередко в этот период наблюдаются продолжительные возвраты тепла и прохождение резких волн холода, что создает большую изменчивость погодных условий. Именно поэтому в отдельные годы продолжительность периода с температурами от 10 до 5°C претерпевает значительные изменения (от 6 в 1907 г. до 50 дней в 1926 г.).

Период вегетации менее теплолюбивых культур заканчивается осенью при переходе средней суточной температуры через 5°C. В среднем этот переход в городе осуществляется в конце октября, а на окраине города и в его окрестностях — на несколько дней раньше. Следует заметить, что изменчивость дат перехода

через 5°C, по сравнению с весной, испытывает большие колебания. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) составляет 10 дней.

В 1912, 1920, 1922, 1946 гг. и др. переход средней суточной температуры воздуха через 5°C осуществлялся на 15—20 дней

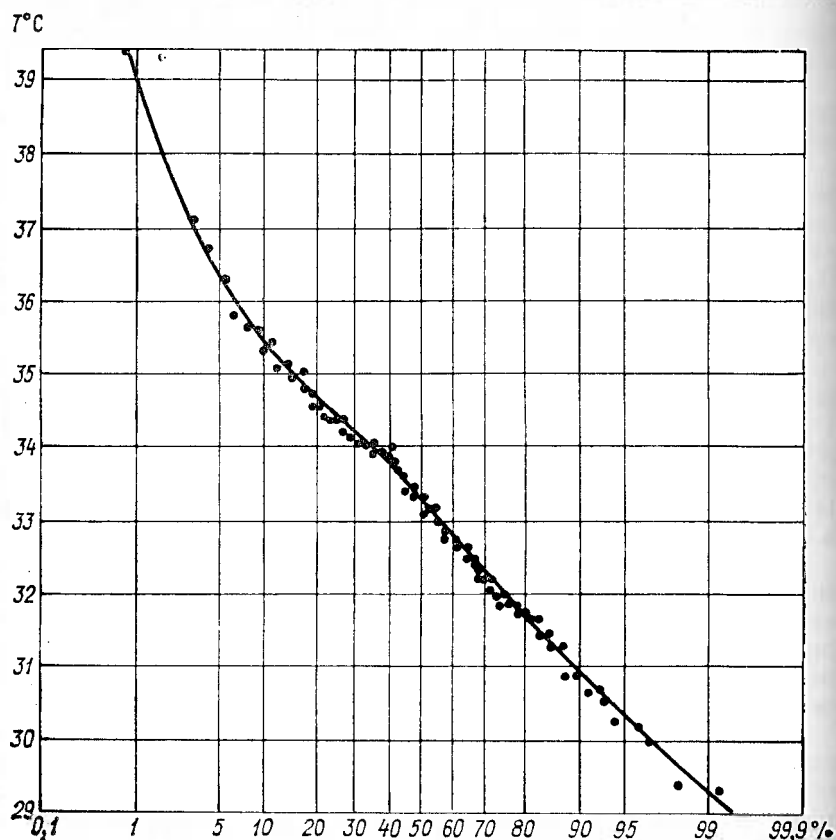


Рис. 46. Интегральная кривая абсолютного максимума температуры воздуха  $T$  (°C) различной вероятности (%) выше указанных пределов. Год.

раньше, а в 1917, 1923, 1926, 1960 гг. и др. — позже средней даты. Один раз в 10 лет он может происходить до 15 октября или после 10 ноября.

Вегетационный период (с температурой 5°C и выше) в Киеве длится 207 дней (табл. 94), в пригородных районах на 4—7 дней меньше. Продолжительность периода с температурой воздуха 5°C и выше варьирует в очень широких пределах (от 181 в 1912 г. до 232 дней в 1934 г.). Суммы температур за период с температурой выше 5°C составляют более 3020°.

Таблица 94

Продолжительность  $\tau$  (дни) периода со средней суточной температурой воздуха 5°C и выше и 10°C и выше и ее вероятность выше указанных пределов

Температура, °C	$\tau_{\text{наиб}}$	Год	$\bar{\tau}$	$\sigma$	$C_{\tau}$	Вероятность, %							$\tau_{\text{наим}}$	Год
						5	10	25	50	75	90	95		
5	232 193	1934 1966	207 163	12,0 11,1	0,06 0,07	227 182	222 176	214 169	205 163	197 155	190 148	187 144	181 136	1912 1912

Вероятность продолжительности периода с температурой 5°C и выше приведена на рис. 48.

Переход температуры воздуха от 5 к 0°C в среднем осуществляется за 23 дня и может варьировать в пределах 9 (1956 г.)—40 дней (1912 г.).

Окончание осени приходится на двадцатые числа ноября. Осень в Киеве продолжительнее весны примерно на 10 дней, но значительно короче лета и зимы (почти на 50 дней). Продолжается осень свыше двух месяцев (70 дней) (табл. 80). Окончание осени, как и ее начало, из года в год значительно меняется, в связи с этим продолжительность осеннего сезона также изменяется. Один раз в 20 лет (рис. 37) продолжительность осени может достигать более 100 (1914, 1916, 1942 гг.) и не превышать 50 дней (1923, 1960 гг.).

Теплый период (с температурой 0°C и выше) в Киеве продолжается 246 дней, его изменчивость равна 19 дням. Продолжительность теплого периода колеблется от 223 (1956 г.) до 308 дней (1925 г.).

Осенью вновь возрастает влияние циркуляционных процессов, в связи с чем увеличивается изменчивость средних температур и соответственно расширяются пределы их колебаний (табл. 95). В этот сезон происходит быстрое понижение температуры от месяца к месяцу.

По условиям погоды осень четко делится на два периода. В начале осени обычно преобладает ясная антициклоническая погода с большой сухостью воздуха и почвы; и если осень бывает ранней, то она является как бы естественным продолжением лета. В этот период уже могут наблюдаться первые осенние заморозки. Однако, вследствие уменьшения продолжительности дня и высоты солнца над горизонтом, отмечается значительный суточный ход температуры, с большим прогревом днем и резким понижением ночью.

Начало осени характеризуется наименьшим числом дней с облаками (до 10 дней в сентябре) и малой облачностью. При возвратах тепла максимальная температура достигает 25°C и выше. В это время могут также возникать явления, характер-

ные для летнего сезона, — грозы и град. Однако их повторяемость осенью незначительна.

Такая погода продолжается примерно до половины октября, затем характер атмосферных процессов начинает развиваться по-зимнему. В это время преобладает пасмурная, дождливая

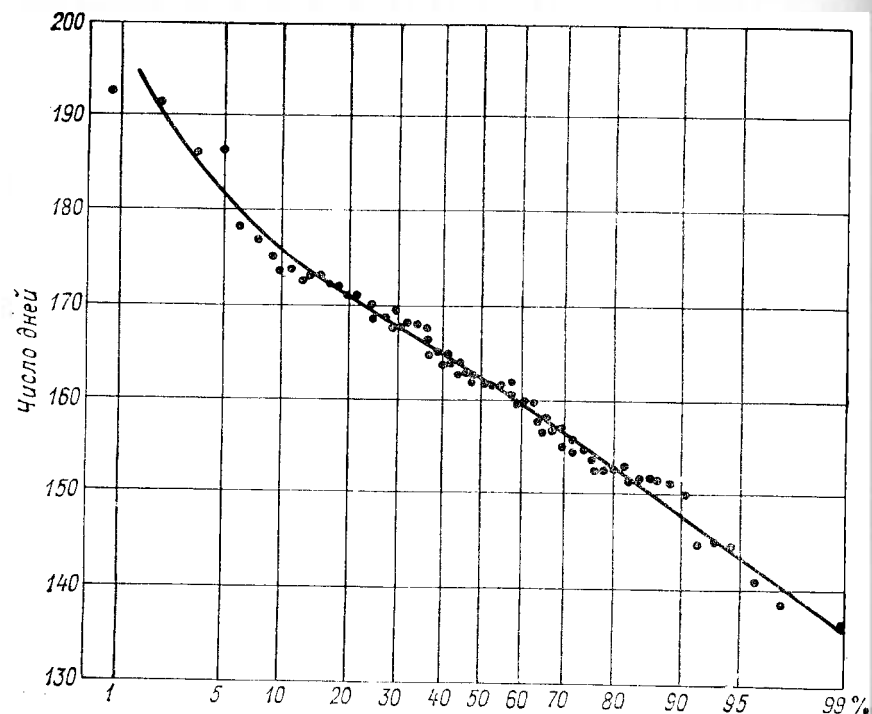


Рис. 47. Интегральная кривая продолжительности периода (дни) с температурой воздуха 10°C и выше различной вероятности (%) выше указанных пределов.

погода с частыми туманами. Происходит значительное понижение температуры воздуха в результате трансформации воздушных масс в областях повышенного давления.

Приведенная климатическая характеристика сезонов в городе заметно отличается от пригородной и загородной зон.

**Отопительный период.** Часть года, ограниченная осенним и весенним переходом средней суточной температуры воздуха через 8°C, является отопительным периодом.

В Киеве этот период в среднем начинается в середине октября (табл. 96). Однако в отдельные годы начало отопительного сезона может значительно колебаться в зависимости от

любознательностей погодных условий. Так, в 1912, 1920, 1922 гг. переход средней суточной температуры воздуха через 8°C произошел на 15 дней раньше средней даты, а в 1929, 1935, 1938, 1967 гг. — соответственно позже. Один раз в 20 лет (5%-ная вероятность) отопительный период может начинаться в конце сентября — начале октября или в конце октября. Один раз

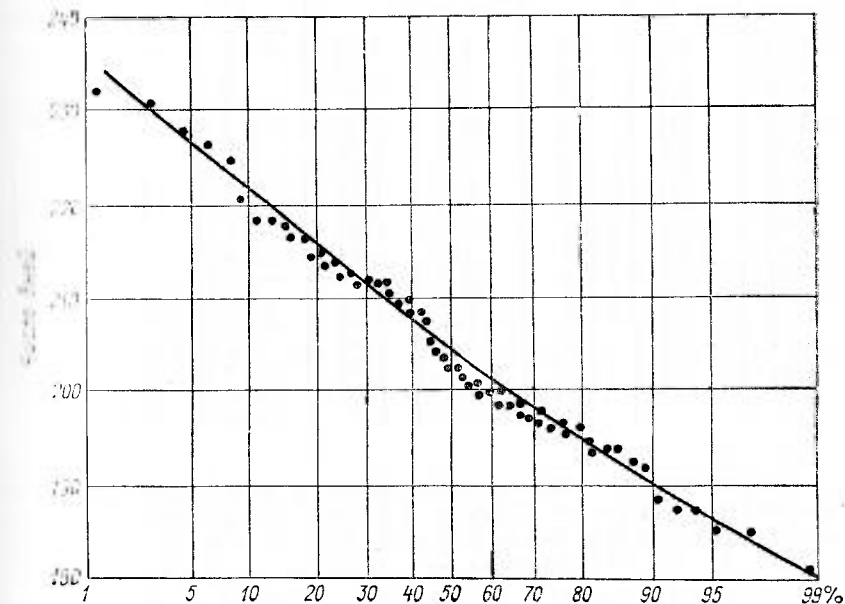


Рис. 48. Интегральная кривая продолжительности периода (дни) с температурой воздуха 5°C и выше различной вероятности (%) выше указанных пределов.

в 1 года (25%-ная вероятность) — до 10 октября или после 20 октября.

Окончание отопительного периода в среднем происходит в середине апреля и претерпевает такие же изменения как и его начало. Один раз в 10 лет (10%-ная вероятность) он заканчивается до 5 апреля или после 25 апреля.

Следует отметить, что в лечебных и детских учреждениях, школах и в других подобных организациях отопительный период должен быть более длительным за счет более раннего начала и более позднего его окончания.

Средняя продолжительность отопительного периода составляет 183 дня. Наиболее продолжительный период (200 дней и более) наблюдался в зимы 1908-09, 1922-23, 1939-40, 1941-42, 1959-60 гг., а наиболее короткий (менее 165 дней) — в зимы 1929-30, 1967-68, 1974-75 гг.

Таблица 95

Отклонение (°C) от средней многолетней температуры воздуха в аномально теплые и аномально холодные месяцы

Год	Теплая осень			Год	Холодная осень		
	IX	X	XI		IX	X	XI
1909	4,6	3,3	0,3	1894	-3,6	-0,7	-0,6
1918	1,3	4,6	-1,1	1898	-1,8	-2,6	2,3
1923	2,0	2,9	4,6	1902	-1,7	-2,4	-4,9
1924	3,1	0,6	-0,7	1904	-2,4	0,4	-0,6
1927	2,8	1,4	0,3	1908	-0,6	-2,1	-4,6
1929	-1,5	4,3	2,1	1912	-2,0	-4,7	-0,7
1932	2,9	2,2	0,8	1914	-2,3	-1,9	-3,1
1934	2,1	2,4	2,6	1915	-1,6	-1,3	-0,3
1935	0,6	4,9	-2,1	1920	0,1	-5,3	-3,7
1937	3,9	0,1	1,4	1921	-2,0	0,4	-4,7
1938	2,0	2,8	3,7	1922	-2,4	-3,5	0,7
1944	1,9	1,9	2,0	1931	-1,6	-0,7	-1,5
1955	2,7	2,4	-1,4	1936	-1,5	-2,5	0,7
1963	2,8	1,3	3,2	1946	1,4	-4,2	-1,8
1967	1,7	3,7	3,2	1959	-3,0	-2,0	-1,5
1975	3,0	0,1	-1,5	1973	-1,8	-0,1	-0,3
				1976	-0,6	-3,3	1,4

Изменчивость отопительного периода испытывает незначительные колебания во времени. Среднее квадратическое отклонение дат начала и конца периода достигает 8, продолжительности — 11 дней. Коэффициент вариации ( $C_v$ ) равен 0,1—0,2.

Продолжительность отопительного периода в значительной мере зависит от сроков как наступления, так и окончания этого периода. Например, если отопительный период начинается рано (до 1 октября), то в 100% лет его продолжительность будет составлять 180 дней и более. При более поздних датах (последняя декада октября) продолжительность уменьшается до 170 дней.

Зависимость между этими показателями характеризуется коэффициентом корреляции —  $0,642 \pm 0,06$ .

Для ориентировочного расчета продолжительности отопительного периода ( $y$ ) в зависимости от дат его наступления осенью ( $x$ ) можно использовать уравнение регрессии:

$$y = -0,916x + 196,5.$$

Ошибка аппроксимации уравнения равна 8 дням. Рассчитанные значения мало отличаются от фактических.

Для определения длительности отопительного сезона необходимо также учитывать солнечную радиацию, поступающую на стены зданий, скорость и направление ветра, перепады температур воздуха внутри периода, а также экспозицию стен, их теплопроводность и другие характеристики.

Характеристика отопительного периода и его вероятности выше указанных пределов

Наиболее ранняя дата	Год	Средняя дата	$\sigma$	$C_v$	Вероятность, %				Наиболее поздняя дата	Год	
					5	25	50	75			95
28 IX	1912	14 X	7,8	0,18	1 X	9 X	15 X	21 X	27 X	30 X	1923
31 III	1919	15 IV	7,6	0,16	2 IV	9 IV	17 IV	21 IV	27 IV	28 IV	1933
208	1941-42	183	10,8	0,08	208	192	183	175	166	161	1947-63

Начало отопительного периода

Конец отопительного периода

Продолжительность отопительного периода, дни



## 8. МЕЗО- И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА

Исследование мезоклиматических особенностей до недавнего времени основывалось исключительно на материалах наблюдений постоянных метеорологических станций Киева и его окрестностей, которые размещены по территории города крайне неравномерно.

Для более полного освещения метеорологического режима Киева была организована временная метеорологическая сеть

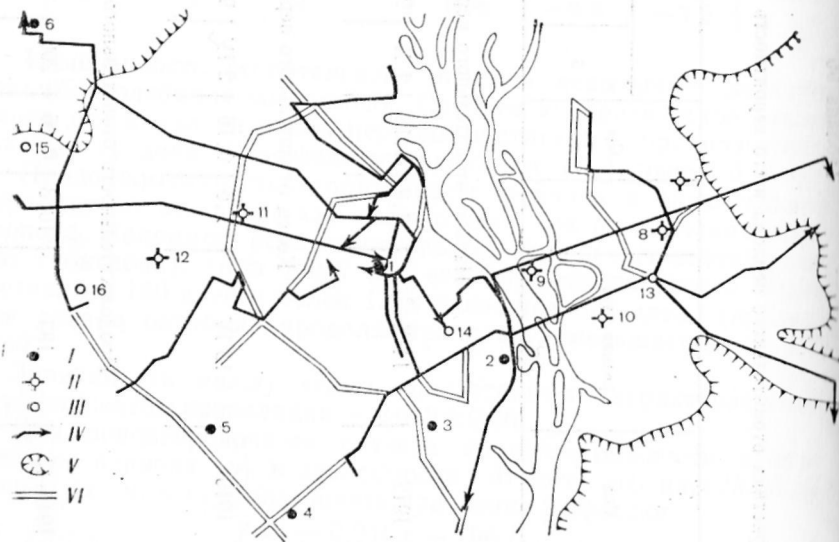


Рис. 49. Основная (станции) и временная (посты) метеорологическая сеть Киева.

I — метеостанция, II — пост для проведения микроклиматических и актинометрических наблюдений, III — пост для проведения микроклиматических наблюдений, IV — маршруты микроклиматических съемок, V — граница леса, VI — дороги.  
Станции: 1 — Киев, обсерватория, 2 — Киев, Ботанический сад, 3 — Киев, Багринова гора, 4 — Киев, ВДНХ, 5 — Киев, АМСГ, 6 — Киев, Пуща-Водица; посты: 7 — Лесной массив, 8 — Дарница I, 9 — Гидропарк, 10 — массив Березняки, 11 — ул. Александра Довженко, 12 — бульвар Ивана Лепсе, 13 — Дарница II, 14 — бульвар Леси Украинки, 15 — массив Новобеличи, 16 — массив Никольская Борщаговка.

(ВМС), состоявшая из десяти постов, расположенных в различных районах.

Наблюдения на постах производились в светлое время суток над температурой и влажностью воздуха, температурой поверхности почвы, скоростью и направлением ветра, облачностью, атмосферными явлениями и состоянием подстилающей поверхности. Максимальная продолжительность работы отдельных постов составила 1,5 года. На некоторых постах выполнялись также актинометрические наблюдения за составляющими радиационного баланса.

Для более детальной мезо- и микроклиматической характеристики территории Киева проводились маршрутные и площадные микроклиматические съемки.

Расположение основной и временной метеорологической сети, а также микроклиматических маршрутов, вдоль которых производились наблюдения, показано на рис. 49. Методика обработки экспериментальных метеорологических данных заключалась в постоянном сравнении их с данными опорной метеостанции Киев, обсерватория, которые в свою очередь, в виде разностей сравнивались с данными метеостанции Борисполь, находящейся вне влияния города. Результаты наблюдений над солнечной радиацией, полученные на ВМС, сопоставлялись с данными станции Киев, Багринова гора.

### 1. Особенности распределения солнечной радиации по территории Киева

Актинометрические измерения на пунктах ВМС (рис. 49) позволили выявить некоторые особенности радиационного режима для различных районов Киева, полученные за период 1975—1977 гг.

Для оценки влияния городских источников загрязнения атмосферы на приход коротковолновой солнечной радиации целесообразно сопоставить данные станции Киев, Багринова гора, находящейся в сфере влияния промышленных источников загрязнения, с данными станции Киев, Пуща-Водица, которая такому влиянию не подвергается. Первая станция расположена на южной окраине города, а вторая — на северной. С целью исключения влияния облачности для анализа были отобраны случаи наблюдений (n), полученные при ясном небе.

В табл. 97 представлены осредненные по срокам характеристики коротковолновой солнечной радиации, а также величины коэффициента прозрачности (P) и фактора мутности (T). Как видно, нарушений в суточном ходе прямой, суммарной радиации и альбедо не обнаруживается. Отмечается несколько завышенное значение интенсивности рассеянной радиации на станции Киев, Багринова гора в срок 9 ч 30 мин. Поскольку это

Таблица 97

Интенсивность потоков солнечной радиации ( $\text{Вт/м}^2$ ), альbedo (%), и характеристики прозрачности атмосферы. Июнь 1975 г.

Станция	$t = 9 \text{ ч } 30 \text{ мин}$							$t = 12 \text{ ч } 30 \text{ мин}$						
	S	D	Q	A <sub>к</sub>	P	T	S	D	Q	A <sub>к</sub>	P	T		
Киев, Багринова гора	670	190	709	19	0,608	5,05	714	186	815	18	0,618	4,84		
Киев, Пуца-Водица	705	151	697	17	0,631	4,66	759	154	814	17	0,645	4,50		
$\Delta$	+5	-26	-2	-2	+4	-8	+6	-21	0	-1	+4	-8		
Киев, Багринова гора	628	154	571	18	0,625	4,74	389	60	151	21	0,670	4,11		
Киев, Пуца-Водица	583	120	574	14	0,661	4,15	417	47	142	21	0,692	3,77		
$\Delta$	+8	-22	0	4	+6	-14	+7	-22	-6	0	+3	-9		

Примечание. S — прямая радиация на перпендикулярную поверхность, D — рассеянная радиация, Q — суммарная радиация, A<sub>к</sub> — альbedo коротковолновой радиации, P — коэффициент прозрачности, T — коэффициент прозрачности в атмосфере,  $\Delta$  — разность (%) между характеристиками радиации и прозрачности атмосферы на соответствующих станциях.

применение не согласуется с суточным ходом рассеянной радиации на станции Киев, Пуца-Водица, можно предположить, что это связано с местным помутнением атмосферы, часто наблюдаемым в восточной части горизонта в утренние часы. Это предположение подтверждается значениями фактора мутности, максимум которого на станции Киев, Багринова гора приходится на 9 ч 30 мин.

Воздействие города на характеристики радиационного режима резко проявляется при сопоставлении интенсивностей соответствующих потоков радиации по отдельным срокам. В среднем в течение дня прозрачность атмосферы на южной окраине Киева на 3—6% ниже, а фактор мутности на 8—14% выше, чем на северной окраине, что соответствует ослаблению прямой солнечной радиации на 5—8%. Существенные различия наблюдаются в величинах интенсивности рассеянной радиации (21—30%). Разности значений интенсивности прямой и рассеянной радиации, имеющие противоположные знаки, взаимно компенсируются в общем суммарном потоке. В результате приход суммарной солнечной радиации на станциях Киев, Багринова гора и Киев, Пуца-Водица в ясные дни днем практически одинаков. В вечернее время, вследствие низкой высоты солнца и увеличения величины рассеянной радиации в суммарную, ее величина на станции Киев, Пуца-Водица по сравнению с величиной на станции Киев, Багринова гора оказывается на 6% ниже.

Как показал анализ материала наблюдений, наибольшие различия между интенсивностями прямой радиации и характеристиками прозрачности атмосферы ( $\Delta S=12\%$ ,  $\Delta P=11\%$ ,  $\Delta T=30\%$ ) на рассматриваемых станциях имеют место при штиле, когда турбулентный обмен в атмосфере ослаблен.

При северных составляющих ветра наветренная окраина Киева оказывается вне влияния городских источников загрязнения, в то время как южная подвержена воздействию воздушного потока со стороны города. Различия между характеристиками радиационного режима окраин в этом случае весьма существенны ( $\Delta S=6...7\%$ ,  $\Delta P=4...6\%$ ,  $\Delta T=10...18\%$ ). При ветрах южного направления под воздействием вредного влияния городских источников загрязнения воздуха оказываются районы города, расположенные севернее по отношению к господствующему ветру. Чистый воздух северной окраины подвергается загрязнению со стороны города. Контрасты между характеристиками прямой радиации северной и южной окраин в этом случае выявляются и практически отсутствуют.

Наибольшее (27) число синхронных наблюдений над S при ветром небе по данным временной городской метеорологической сети было получено на метеостанции Киев, Багринова гора, Киев, обсерватория и на посту Дарница I (табл. 98). Из таблицы видно, что полуденные значения интенсивности S ото дня к дню на станции Киев, обсерватория характеризуются не-

Таблица 98

Интенсивность прямой солнечной радиации  $S$  ( $Вт/м^2$ )

Пункт наблюдений	$\bar{S}$	$\sigma$	$S_{\max}$	$S_{\min}$
Киев, Багринова гора	649	0,184	886	307
Дарница I	649	0,188	865	370
Киев, обсерватория	663	0,164	900	419

сколько меньшей изменчивостью по сравнению со значениями на станции Киев, Багринова гора и на посту Дарница I, расположенных вблизи промышленных объектов.

Естественно, что в каждом конкретном случае ослабление прямой солнечной радиации вблизи источника загрязнения будет различным в зависимости от концентрации и интенсивности промышленных выбросов в атмосферу, от расстояния до точки измерений, от стратификации атмосферы, от направления и скорости ветра. Ветровой поток либо рассеивает примеси, поступающие в атмосферу от промышленных источников загрязнения, и тем самым сглаживает различия в приходе прямой радиации у земной поверхности, либо придает дымовому шлейфу определенное направление, вблизи которого интенсивность прямой радиации значительно снижается. Так, 12 февраля 1976 г. в 12 ч 30 мин при юго-восточном ветре промышленные выбросы из труб Дарницкого шелкового комбината уменьшили приток прямой радиации в 600 м к северо-западу от источника помутнения до  $237 \text{ Вт/м}^2$ , что составило 44% интенсивности прямой радиации, зарегистрированной в это же время на станции Киев, Багринова гора.

При анализе радиационных характеристик в Киеве представляется важным оценить градиент ослабления прямой солнечной радиации в нижнем 25-метровом слое атмосферы. Это — уровень застройки жилищных массивов новыми 9-этажными типовыми зданиями, являющийся своеобразным слоем жизнеобитания современного города. В один из ясных летних дней при отсутствии ветра была произведена серия ежечасных синхронных измерений на крыше 9-этажного здания (окраина новостройки) и непосредственно у земной поверхности. Как оказалось, приземным 25-метровым слоем атмосферы в условиях городской окраины при штиле поглощается и рассеивается от 1,5 до 3,0% прямой солнечной радиации, поступающей на верхнюю границу заданного уровня.

Неоднородность отдельных участков подстилающей поверхности в городе обуславливает различное отражение ими коротковолновой солнечной радиации (табл. 99). Интересно отметить, что отражательная способность снежного покрова на

Таблица 99

Среднее интегральное альbedo (%) различных участков подстилающей поверхности в городе

Характеристика поверхности	$\alpha$ , %
Трасса асфальтовая, сухая	10
местами пожелтевшая	18
местами почва	13
Трасса асфальтовая, влажная	14
местами пожелтевшая	20
сухая	13
местами почва	15
Асфальт светло-серый	8
сухой	28
влажный	15
припорошенный снегом	8
Битумная (асфальт)	76
проезжая часть сухая	59
влажная	41
Сиденья металлические, сухой	34
на окраинах города	47
на площадках и газонах	21
Сиденья металлические, влажный	23
сухой	41
влажный	31
Сиденья металлические, припорошенный	18
металлический	17
в песком	8
Места бетонированные, светло-серые (площадь)	14
у реки	17
Тротуар грунтовая, пешеходная	17
земля мелкая, песчаная	17
Вода прозрачная	17
высота солнца $16^\circ$	8
высота солнца $49-60^\circ$	14
Крыша 9-этажного дома (рубероид серый)	

площадках и газонах города оказалась в среднем на 17% ниже, чем на окраинах.

Формирование радиационного микроклимата в условиях города зависит от ряда факторов, в частности, от характера городской застройки. Высотные многоэтажные здания, экранируя солнце, в том числе ультрафиолетовые лучи, «обедняют» состав спектральной радиации и тем самым значительно снижают ее приток к земной поверхности. Для количественной оценки характеристик радиационного режима в центральной «затененной» части Киева использовались материалы наблюдений над коротковолновой радиацией на станции Киев, обсерватория с января по декабрь 1976 г. Они сравнивались с данными, полученными на открытом незатененном участке (Киев, Багринова гора).

Согласно данным, представленным в табл. 100, станция Киев, обсерватория недополучает по сравнению со станцией Киев, Багринова гора в среднем за год около 40% суммарной радиации. Объясняется это значительной закрытостью горизонта на станции Киев, обсерватория. Причем степень влияния закрытости горизонта в рассматриваемом пункте проявляется неодинаково в течение года (рис. 50) в зависимости от высоты солнца,

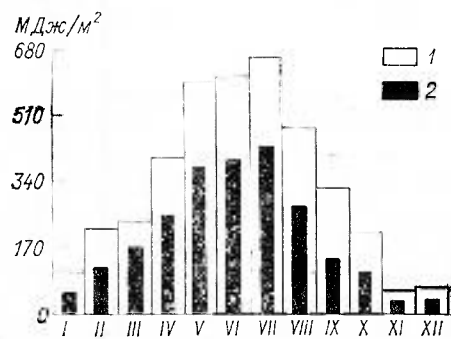


Рис. 50. Суммы суммарной радиации  $Q$  (МДж/м<sup>2</sup>). 1976.

1 — открытый участок (Киев, Багринова гора), 2 — затененный участок (Киев, обсерватория).

лучи освещают метеоплощадку очень непродолжительное время. В результате взаимодействия указанных факторов различия в величинах месячных сумм в этот период года на станциях Киев, обсерватория и Киев, Багринова гора оказываются максимальными (50—60%).

В весенне-летний период (май—август) высота солнца и продолжительность дня возрастают, увеличивается продолжительность облучения прямыми солнечными лучами метеоплощадки станции Киев, обсерватория. Разница между месячными величинами суммарной радиации сокращается до 30—40%.

Отмеченное выше своеобразие радиационного режима на станции Киев, обсерватория, обусловленное значительной закрытостью горизонта, способствует сохранению на метеоплощадке густого зеленого покрова, обладающего большей отражательной способностью по сравнению с высушенной травой на станции Киев, Багринова гора. Этим, по-видимому, объясняются устойчивые отрицательные разности величин альбедо, отмеченные с апреля по октябрь 1976 г. на станциях Киев, Багринова гора и Киев, обсерватория (табл. 101).

Положительные разности величин альбедо в ноябре, январе и феврале объясняются, вероятно, более чистым состоянием

продолжительности дня, соотношения прямых и рассеянных лучей в суммарном потоке радиации. Так, осенне-зимние месяцы в условиях Киева по многолетним наблюдениям доля рассеянной радиации в 2—3 раза превышает долю прямой в общем суммарном потоке. В то же время на станции Киев, обсерватория из-за закрытости большей части небосвода в течение дня рассеянная радиация поступает значительно меньше по сравнению с открытым местом. По этой же причине прямые солнечные

Таблица 100  
Средние месячные значения альбедо (%) и их разности  $\Delta A_k$ , 1976 г.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Киев, Багринова гора	109	222	234	394	586	594	649	465	322	201	59	71	3906
Киев, обсерватория	54	47	29	35	36	34	34	43	60	52	58	54	2331
$\Delta A_k$													40

Таблица 101  
Средние месячные значения альбедо (%) и их разности  $\Delta A_k$ , 1976 г.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Киев, Багринова гора	71	62	32	14	19	19	19	20	20	20	35	45
Киев, обсерватория	67	50	45	19	22	24	24	24	24	22	30	38
$\Delta A_k$	4	12	-13	-5	-3	-5	-5	-4	-4	-2	5	7

снежного покрова на окраинной станции в сравнении с центральными районами города.

## 8.2. Микроклимат отдельных районов городского ландшафта

Неоднородность климата территории больших городов определяется разнообразием естественных ландшафтов, характером городской застройки, их озеленением и т. д.

Все левобережье Киева представляет собой застройку послевоенного периода, причем новые районы (Березняки, Лесной массив и др.) отличаются своей планировкой от ранее застроенных районов (Дарница). На высокоом правобережье, во всех направлениях от центра города, выросли новые жилищные массивы, отличающиеся, особенно за последние годы, большой этажностью и свободным размещением зданий с открытыми озелененными площадями и зонами отдыха.

Анализ климатических характеристик города (Киев, обсерватория) и окрестностей (Борисполь) показывает, что повышение температуры воздуха в городе оказывается не столь существенным. Так, в холодный период (ноябрь—март) в часы максимума в пониженных районах в отдельные месяцы воздух теплее, чем за городом всего на  $0,2-0,6^{\circ}\text{C}$ . Дневная температура на возвышенных участках в городе (Киев, Батыева гора и Киев, Ботанический сад) вообще не отличается от температуры воздуха за городом, а в ноябре даже холоднее (на  $0,1-0,3^{\circ}\text{C}$ ).

В ночные часы в холодный период повышение температуры воздуха из-за влияния города больше и достигает в отдельные месяцы  $0,6-0,9^{\circ}\text{C}$ .

В мае—сентябре температура воздуха всецело зависит от времени суток. Днем в городе может быть как теплее, так и холоднее пригородной зоны (в зависимости от особенностей рассматриваемого района), а ночью всегда теплее.

Понижение температуры днем и повышение ночью наиболее резко проявляется на открытых возвышенностях и объясняется хорошими условиями воздухообмена в светлую часть суток и стоком холодного воздуха ночью с этих участков. Исключением составляет станция Киев, Пуща-Водица, расположенная в лесопарковой зоне. Она фактически не испытывает влияния города и характеризует режим лесной поляны.

Сравнение характеристик относительной влажности воздуха показывает еще более сглаженную картину. Лишь в летнее время, в вечерние часы, в городе за счет более высокой температуры воздуха и уменьшения испарения относительная влажность на  $3-6\%$  (в сентябре до  $8\%$ ) ниже, чем за городом. Утром и днем она ниже всего на  $1-3\%$ . Что же касается ветрового режима, то в любой сезон и время суток сила ветра в городе в  $0,6-0,7$  раз меньше, чем за его пределами. Однако в отдель-

ных районах города, более открытых и возвышенных (например, Лесной массив, Батыева гора), ветровой режим может соответствовать пригородным условиям.

В дальнейшем различия между метеоэлементами в городе и его окрестностях будем называть мезоклиматическими, а различия в отдельных районах города — микроклиматическими, принимая во внимание, что это не всегда строго согласуется с понятиями мезоклимат и микроклимат.

Переходя к микро- и мезоклиматическим характеристикам города по типам погоды, следует отметить, что их величина может значительно перекрывать общие различия между климатическими данными.

Энергетическое воздействие Киева на термический режим окружающей среды проявляется почти при всех типах погоды. Самый наибольший эффект отмечается в солнечную погоду со слабым ветром. Например, зимним утром термические различия между центральной частью Киева и Борисполем достигают нескольких градусов. В дни с пасмурной погодой и сильным ветром, мезоклиматические различия температуры воздуха меняют знак. В городе оказывается холоднее, чем за городом, на  $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ .

При слабом ветре в утренний срок температурный эффект города примерно в два раза больше, чем при ветре в полдень и более (рис. 51).

В дневные часы эта величина меньше во все времена года, очевидно, в любую погоду. Летом в дни со слабым ветром в дневное время даже при солнечной погоде тепловой эффект самого города выявлять не всегда удается. На основе анализа материалов наблюдений

временной метеорологической сети (см. рис. 49) получены заметные различия метеорологических элементов между отдельными районами города.

Характер распределения температуры воздуха, относительной влажности и скорости ветра на территории Киева летом в условиях солнечной со слабым ветром погоды представлен в табл. 102. Повторяемость такого типа погоды утром составляет

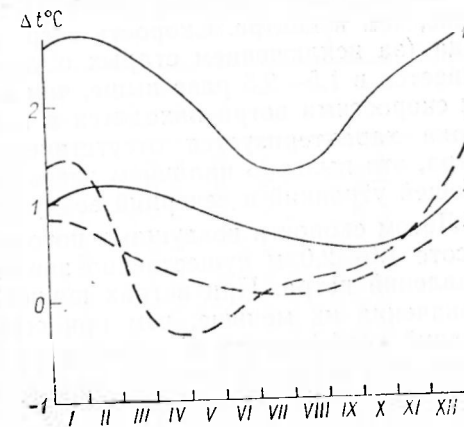


Рис. 51. Годовой ход мезоклиматических различий температуры воздуха между городом и окрестностями при ясном и полужасном состоянии неба.

Скорость ветра: 1 — менее  $3 \text{ м/с}$ , 2 —  $3 \text{ м/с}$  и более. Срок наблюдений: сплошная кривая — 6 ч, пунктир — 15 ч.

около 40%, а днем меньше — несколько более 10%. Температура воздуха во многих районах Киева утром и вечером в этих условиях оказывалась выше, чем в центре, что объясняется сильным затенением опорной станции. В низменных районах левобережья выявляются более теплые участки. Так, в центральной части района Дарница утром и днем отмечаются самые высокие температуры воздуха в городе. Вечером на территории от Днепра до восточных окраин города температура воздуха почти на 1,5°C выше, чем в районах правобережья.

Наиболее высокими минимумами температуры на поверхности почвы отличаются озелененные бульвары (Ивана Лепсе, Тараса Шевченко и др.), а также жилищные массивы вблизи или в окружении леса (Лесной и Минский массивы, Дарница и др.). На левобережье в ночные часы, в отличие от дневных, температура воздуха и поверхности почвы на 1—2°C ниже, чем на правобережье.

Относительная влажность воздуха во всех районах города, кроме наиболее влажного района Гидропарка и жилых массивов на окраинах (рядом с лесом), в течение всего дня на 5—8% ниже, чем в центре. Скорость ветра в большинстве районов города (за исключением старых с уплотненной застройкой) оказывается в 1,5—2,5 раза выше, чем в центре. Районы с большими скоростями ветра находятся в пойме Днепра. Район Гидропарка характеризуется отсутствием суточного хода скорости ветра, это вызвано наличием здесь местной циркуляции, усиливающей утренний и вечерний воздухообмен.

Летом скорости воздушных потоков по территории города на высоте 1,5—2,0 м существенно зависят от преобладающих направлений ветра. При ветрах южной составляющей колебания и значения их меньше, чем при северных. Так, в Гидропарке средний коэффициент  $K$  (отношение скорости ветра на пункте к скорости ветра на опорной метеостанции) соответственно меняется от 1,6 до 2,5, в Дарнице — от 1,8 до 2,4, в районе бульвара Ивана Лепсе — от 0,8 до 1,0, а в новом жилом Лесном массиве — от 2,3 до 2,6.

При расчете средних температурных разностей за летний сезон по данным опорной метеостанции и загородной станции для солнечной погоды со слабым ветром были использованы мезоклиматические поправки: в утренние сроки их величина равна 1,5°C, в полуденные часы — всего 0,1°C, а в вечерние — 0,4°C.

Следует отметить наличие летом существенных температурных разностей между городом и пригородом, особенно в утренние и вечерние часы, когда они достигают 2,5—3,0°C. Днем эти разности меньше — 1,0—1,5°C (табл. 103). Заметных различий в значениях относительной влажности воздуха между городом и загородом обнаружить не удалось.

Таблица 103  
 Температурные разности между городом и пригородом в зависимости от направления ветра и времени суток  
 с данными наблюдений опорной метеостанции и в нескольких районах города  
 (разности температур в градусах Цельсия)

Пункт	Температурная разность, °C	Время суток			Относительная влажность воздуха, %			Отношение скорости ветра на посту к скорости ветра на опорной метеостанции (K)		
		утро	день	вечер	утро	день	вечер	утро	день	вечер
Бульвар Ивана Лепсе	0,5	0,6	0,8	—	—	—	0,9	0,7	0,8	
Новобельгар	0,1	-0,5	0,4	1	3	0	1,8	2,4	2,0	
ул. Александра Довженко	0,7	0,7	1,6	—	—	—	—	—	—	
Гидропарк	0,7	0,5	1,2	4	7	7	2,5	2,1	2,4	
Дарница II	1,1	0,7	1,1	-8	-3	-6	2,5	2,0	1,8	
Царница I	1,4	0,9	1,0	-5	-5	-6	1,7	2,2	1,8	
Лесной массив	0,5	-0,1	1,1	2	1	-4	1,7	2,1	2,0	

Таблица 103

Обобщенные мезо- и микроклиматические разности температуры воздуха (°C) по территории Киева. Лето, солнечная погода, ветер менее 3 м/с

Район и ландшафт города	Разность температуры воздуха (°C) между данными города и загорода		
	утро	день	вечер
Правобережье			
возвышенность	1,5—2,0	0,0—0,5	0,0—0,5
равнина, центральная часть	2,0—2,5	0,5—1,0	1,0—1,5
равнина, западная окраина	1,5—2,0	0,0—0,5	0,5—1,0
Левобережье			
пойма Днепра	2,0—2,5	0,5—1,0	1,5—2,0
низменность, вблизи реки	2,0—2,5	0,5—1,0	1,5—2,0
низменность, центральная часть	2,5—3,0	1,0—1,5	1,5—2,0
низменность, северо-восточные районы	1,5—2,0	0,0—0,5	1,5—2,0

Мезоклиматические характеристики города по скорости ветра на высоте флюгера (21 м) фактически не отличаются от климатических. Коэффициент ослабления ветра ( $K$ ) в Киеве на высоте флюгера можно принять равным для старых уплотненных застроек 0,6—0,7, для новых открытых районов 0,8—0,9, для районов с большими скоростями ветра (пойма Днепра, Ветряные горы) 1,0 или несколько больше. В летние месяцы понижение скорости ветра в городе по сравнению с загородом на высоте флюгера не зависит от направления. Зимой эта связь проявляется более отчетливо. Если при слабых ветрах для северного и южного направлений они характеризуются коэффициентами  $K=0,9...1,0$ , то при ветрах 3 м/с и более для северного направления  $K=0,7$ , а для южного  $K=0,5$ . Это позволяет сделать вывод, что наибольшее снижение скорости ветра в городе отмечается зимой при южных ветрах.

Сопоставление средних месячных микроклиматических разностей температуры воздуха (пост—метеостанция) в зимний сезон при солнечной со слабым ветром погоде (ее повторяемость утром несколько выше 20%, днем около 10%) показало, что для постов правобережья они почти не меняют знак. На левом берегу Днепра в декабре (зимы 1975-76 и 1976-77 гг.) получены положительные разности, а в январе и феврале — в большинстве отрицательные, равные  $-2...-3^{\circ}\text{C}$ . Такое понижение температуры на левобережье вызывалось не только сильными морозами в феврале 1976 — январе 1977 гг., но также и местными особенностями. В условиях замерзшей реки заметно скапливается стекание с крутых склонов Днепра и накапливание в низинах холодного воздуха. Оценивать зимний температурный

характеристики для этой части города следует двумя периодами — до и после замерзания Днепра. Сравнивая микроклиматические характеристики различных районов в зимний (табл. 104) и лет-

Таблица 104

Микроклиматические характеристики по данным наблюдений временной метеорологической сети Киева в сравнении с данными наблюдений опорной метеостанции Киев, обсерватория. Зима, солнечная погода, ветер менее 3 м/с

Пост	Разность температуры воздуха, °C			Отношение скорости ветра на посту к скорости ветра на опорной метеостанции ( $K$ )		
	утро	день	вечер	утро	день	вечер
бульвар Ивана Лепсе	0,1	-0,3	0,4	1,0	1,4	1,0
Полубовичи	0,6	-0,8	0,4	2,7	3,2	2,4
ул. Александра Довженко	0,3	0,5	0,3	2,8	4,1	2,8
Аэропарк	-2,1	-3,0	-0,3	2,0	2,9	2,2
Березняки	-1,1	-2,0	0,0	1,6	2,4	2,2
Паркита II	-3,6	-2,0	0,0	1,4	2,1	1,5
Паркита I	-1,6	-1,1	0,2	1,4	2,1	1,2
Лесной массив	-2,4	-1,8	0,3	2,7	2,8	2,6

Примечание. На посту по бульвару Ивана Лепсе наблюдения велись в течение двух зим (1975-76; 1976-77 гг.), на остальных постах — в течение одной зимы. Данные за декабрь не включены для левобережья.

ний (см. табл. 102) периоды, следует отметить, что изменчивость метеоэлементов зимой по территории города значительно больше (как по температуре воздуха, так и по скорости ветра). Зимой в противоположность летним данным преобладают отрицательные разности температуры (пост—метеостанция), достигающие в отдельных районах  $-3,0...-3,5^{\circ}\text{C}$ . Такое положение не распространяется на вечерние часы, когда преобладают положительные разности. Последнее свидетельствует о некотором сглаживании зимних термических контрастов в городе к концу дня.

Если летом в низменных районах левобережья температура воздуха выше, чем на равнине правого берега, то зимой она там ниже. Область отрицательных микроклиматических разностей распространяется от самой узкой части холодной долины Днепра и примыкающих к ней жилых массивов (Березняки, Русановский массив) до Лесного и Воскресенского жилых массивов, а также к юго-востоку вдоль Харьковского шоссе.

В связи с этим несмотря на существенные и положительные в холодный период разности температур между метеостанциями Киев, обсерватория и Борисполь, в некоторых районах левобережья мезоклиматические поправки остаются отрицательными (табл. 105).

Таблица 105

Обобщенные мезо- и микроклиматические разности температуры воздуха (°C) по территории Киева. Зима, солнечная погода, ветер менее 3 м/с

Район и ландшафт города	Разность температуры воздуха (°C) между данными города и загорода		
	утро	день	вечер
Правобережье			
возвышенность	2,5—3,0	1,0—1,5	1,5—2,0
равнина, центральная часть	2,5—3,0	1,0—1,5	2,0—2,5
равнина, западная окраина	3,0—3,5	0,0—0,5	2,0—2,5
Левобережье			
пойма Днепра	0,0—0,5	-1,5...-2,0	1,0—1,5
низменность, вблизи реки	0,0...-0,5	-1,0...-1,5	1,5—2,0
низменность, центральная часть	0,5—1,0	0,0...-0,5	1,5—2,0
низменность, северо-восточные районы	0,0—0,5	-0,5...-1,0	2,0—2,5

Примечание. Использованы следующие мезоклиматические поправки (город—загород): для утра—2,6°C, для дня—1,1°C, для вечера—1,8°C.

На правобережье практическое значение для городского хозяйства имеют величины мезоклиматических разностей температуры, особенно в утренние и вечерние часы, достигающие 2,5—3,5°C. В зоне же левобережья характерной особенностью является резкая смена знака разностей от отрицательного днем к положительному утром и вечером, а также заметные различия между отдельными районами этой части города. Например, в Гидропарке и вблизи Днепра от дня к вечеру разности температуры воздуха могут меняться от -1,5...-2,0°C до 1,0—1,5°C (табл. 105). В дневные часы в этой зоне выделяются температурные контрасты, достигающие 2,0°C, а между зонами правого и левого берега — до 3,5°C. Следует отметить, что минимальная температура поверхности почвы вечером и в ночное время для всех районов оказывается выше по сравнению с метеостанцией Киев, обсерватория. Величины этих разностей достигают 2—3°C. Выделяются районы бульвара Ивана Лепсе и Лесного массива.

Ветровой режим в городе с декабря по февраль характеризуется значительной неоднородностью. Большими скоростями ветра ( $K=2,8...4,0$ ) в любое время суток отличаются плотно застроенные улицы правобережья, вытянутые с севера на юг (например, ул. Александра Довженко), западные и восточные окраины города (Новобеличи, Лесной массив), а днем — и пойма Днепра (Гидропарк). Наименьшие скорости, как и летом, наблюдаются на равнине правобережья в районах с плотной застройкой и на непрямолинейных бульварах, засаженных деревьями (бульвар Ивана Лепсе —  $K=1,0...1,4$ ).

Следует кратко остановиться и на вопросе формирования микроклимата в районах скопления фабрично-заводских предприятий, больших площадей и дорожных магистралей.

При проведении летних радиометрических измерений над городом с вертолета (о чем подробно излагается в разд. 8.5) в течение дня над фабрично-заводскими районами имело место значительное повышение температуры земной поверхности, а над зеркалом реки Днепра, лесопарками и лесными массивами фиксировалась самая низкая температура подстилающей поверхности.

Можно было ожидать, что среди корпусов завода «Большевик» и, видимо, на окружающих их улицах в дневные и ночные часы должны наблюдаться более высокие температуры воздуха и несколько меньшие значения относительной влажности. Действительно, летом на посту на ул. Александра Довженко (вблизи завода «Большевик») в сравнении с постами на бульваре Ивана Лепсе и в районе Новобеличи, также расположенными на равнине, была отмечена более высокая температура воздуха. Это же подтвердили и маршрутные съемки по Брест-Литовскому проспекту 21 мая 1975 г. и 10 мая 1976 г., которые проходили мимо завода. Примерно та же картина наблюдалась и в другие месяцы, особенно четко в дневное время. Так, на посту на ул. Александра Довженко в сравнении с теми же постами на бульваре Ивана Лепсе и в районе Новобеличи было теплее соответственно на 0,8 и 1,3°C.

В пойме Днепра, как показано выше, в январе и феврале температура воздуха обычно намного ниже, чем на высоком правом берегу города. Однако синхронные дневные съемки (13 февраля 1976 г.) на Подоле (Красная площадь) и в центре города, а также специальные площадные съемки (19 февраля 1976 г.) в районе Подола и Львовской площади показали, что в отдельных случаях может наблюдаться противоположное распределение температуры воздуха. На Красной площади, расположенной ниже, оказалось даже несколько теплее (на 0,5°C), а при измерении 19 февраля на улице и в одном из дворов Подола было холоднее, но всего на 0,4°C.

В летние месяцы, несмотря на охлаждающее влияние реки, температура воздуха здесь днем бывает незначительно ниже или даже выше, чем в более высокой части города. Так, 22 июля 1976 г. на Подоле у самого берега было на 2,7°C, а у подножии склона — на 1,5°C холоднее, чем на Львовской площади. В то же время ближе к заводам — в начале улиц Константиновской и Фрунзе — отрицательные разности (Подол—Львовская площадь) составляли всего 0,1—0,8°C. 29 июля при ветре со стороны Днепра на Константиновской улице в сравнении с той же Львовской площадью оказалось даже теплее (на 0,5—1,0°C).



В районе Подола расположено много промышленных предприятий и строительных комбинатов. Работая круглые сутки, промышленные предприятия выделяют в окружающий воздух не только большое количество тепла, но и массу мелких пылевых частиц, которые накапливаясь в подынверсионном слое, ослабляют эффективное излучение земной поверхности и почин радиационное охлаждение прилегающих к ней слоев воздуха.

Большие площади города, такие, как Победы, Бессарабский Дзержинского, расположенные на правом берегу, в более высокой части города, а также Ленинградская площадь, находящаяся в низменной части левого берега, по метеорологическим условиям отличаются от ближайших к ним улиц, а также и между собой. Причиной этих микроклиматических различий являются размеры сравниваемых объектов, степень их защищенности и наличие на площадях газонов и зеленых насаждений.

Площадь Победы — самая большая в городе, сплошь застроенная с опускающимися к ней с восточной и северной стороны бульваром и улицами — характеризуется меняющимися в течение суток микроклиматическими условиями. Летним утром здесь холоднее на  $2,0-2,5^{\circ}\text{C}$  по сравнению с ближайшими улицами и площадями Дзержинского и Львовской, а также по сравнению с Ленинградской площадью. В дневные часы на площади Победы наблюдаются более высокие температуры, несколько пониженная относительная влажность и большие скорости ветра. Так, по сравнению с Львовской площадью здесь на  $0,5-1,5^{\circ}\text{C}$  теплее, на 6% ниже относительная влажность и в два раза сильнее ветер.

На более открытой Ленинградской площади днем температура воздуха ниже на  $0,6-0,8^{\circ}\text{C}$  по сравнению с площадями Дзержинского, Богдана Хмельницкого и Бессарабской. Там же отмечаются и большие скорости ветра (в 1,4—1,7 раза), исключая площадь Дзержинского, характеризующуюся почти всегда усиленным воздухообменом. Самой «теплой» площадью города в дневное время (при солнечной погоде) является Бессарабская, расположенная как бы в котловине и окруженная плотной застройкой. Температура воздуха небольшой площади Комсомольцев в новом районе правого берега, оказалась выше, чем на площади Богдана Хмельницкого (на  $0,5^{\circ}\text{C}$ ); здесь и несколько суше.

Измерения, проведенные в зимний сезон, свидетельствуют о том, что на площадях правого берега температурные условия примерно одинаковы. Однако на них значительно теплее, чем на левом берегу (Ленинградская площадь).

Естественно предположить, что на городских магистралях Киева с очень интенсивным движением транспорта, выделяющего большое количество газа и тепла, температура воздуха будет несколько выше, ниже относительная влажность, а в отдельные периоды — большая скорость ветра. Однако выявлено

этот микроклиматический эффект в чистом виде довольно сложно, так как накладывается влияние различий в элементах застройки, озеленении магистрали, ее защищенности, ориентировки направления улиц, возникновения местных циркуляций и т. п.

Наиболее существенное воздействие транспорта на микроклимат города наблюдалось на правом берегу в районе Отрадного, где для сравнения был выбран весьма загруженный транспортом перекресток, образованный пересечением проспекта им. Космонавта Комарова с ул. Героев Севастополя и сами эти улицы. Данные поста на участке левого берега в районе Ленинградской площади сравнивались с данными ближайших постов наблюдений на маршруте Харьковского шоссе и проспекте Воссоединения.

В первом случае по наблюдениям 8, 21, 22 и 23 июня 1976 г. в дневные часы на перекрестке всегда было теплее. Температурные различия по сравнению с более узкой улицей Героев Севастополя достигали  $0,8-1,0^{\circ}\text{C}$  (несмотря на большую скорость ветра на перекрестке), а по сравнению с широким проспектом им. Космонавта Комарова — всего  $0,2-0,5^{\circ}\text{C}$ . Во втором случае наблюдения 6 июля и 2, 15 сентября 1976 г. выявили более высокую температуру воздуха на проспекте Воссоединения и Харьковском шоссе соответственно на  $0,2-0,8$ ,  $1,2-1,4^{\circ}\text{C}$ . Этот случай менее убедителен из-за различия в элементах застройки (площадь и улицы) и большого газона на площади, хотя наблюдения здесь велись на асфальте круговой дороги и в потоке автомашин.

В зимний сезон для примера были выбраны два места интенсивного движения автотранспорта: в Дарнице — угол ул. Краснопоткацкой и проспекта Юрия Гагарина и на Подоле — ул. Константиновская. В первом случае при сравнении с ул. Красновардейской (у метро «Комсомольская»), а во втором — Красной площадью на Подоле получены разности температур воздуха соответственно  $0,4$  и  $0,9^{\circ}\text{C}$ .

Роль зеленых насаждений в формировании микроклимата города Киев является одним из наиболее зеленых городов мира. Парки, сады, скверы, озелененные бульвары и улицы оказывают существенное влияние на формирование микроклиматических особенностей города, в основном в теплый период. Затенение, создаваемое кронами деревьев, заметно уменьшает приток солнечной радиации, ослабляет эффективное излучение.

Для выявления влияния зеленых насаждений на формирование климата проводились эпизодические съемки (синхронные, маршрутные и площадные) на пунктах, находящихся как в глубине городских условий (на участках, лишенных растительности), так и среди зеленых насаждений города и пригородного естественного леса. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1) температура воздуха в зеленых насаждениях понижается на  $1,5^{\circ}\text{C}$ , а в старом густом лесу — даже на  $2,5^{\circ}\text{C}$ . В молодых посадках, на краю леса, на асфальтированных аллеях парка эффект понижения температуры воздуха из-за растительности незначительный и выражается всего несколькими десятками градуса;

2) относительная влажность воздуха при наличии растительности увеличивается на 4% и более;

3) скорость ветра среди древесной и кустарниковой растительности в большинстве случаев снижается, иногда до штиля. В отдельных случаях, например, в парке им. Т. Г. Шевченко, где достаточно широкие аллеи, ослабление скорости ветра оказалось совсем незначительным, а на краю города, вблизи леса, ветер даже несколько усилился по сравнению с улицей;

4) зимой в утренние часы на озелененных участках, включая и лесные массивы на краю города, может быть несколько холоднее, чем на ближайших улицах и площадях из-за застаивания в них холодного воздуха. В дневные же часы различия в температуре между озелененными и неозелененными участками могут меняться. Например, в парке им. Т. Г. Шевченко и в сквере на Львовской площади, где имеются асфальтированные аллеи, обсаженные деревьями и кустарниками, оказывается на  $0,4-0,6^{\circ}\text{C}$  холоднее соседних улиц; аналогичные условия были и в сквере на Красной площади. В то же время на участке недавно разбитого сквера им. Ушинского (недалеко от площади Космонавтов), имеющего песчаное покрытие, было на  $0,3-0,6^{\circ}\text{C}$  теплее, чем на Воздухофлотском проспекте.

Влияние леса зимой сказывается более определенно. Так, днем у края леса Воскресенского жилого массива воздух был теплее на  $0,4^{\circ}\text{C}$  по сравнению с ул. Сулеймана Стальского, на Броварском шоссе (в 2 км от жилого Лесного массива, окруженного лесом) — на  $0,8^{\circ}\text{C}$  теплее относительно ул. Шолом-Алейхема.

Обобщая результаты исследований по микроклимату Киева, следует отметить, что мезоклиматические контрасты города лучше всего прослеживаются по температуре воздуха, особенно в холодный период года, в утренние и вечерние часы. Наибольшие микроклиматические различия отмечаются между правобережной и левобережной частями Киева. На левобережье вблизи Днепра после замерзания реки в течение января—февраля оказывается на  $3-4^{\circ}\text{C}$  холоднее, чем в старой более высокой части города. Летом различия меньше и, как правило, наблюдаются лишь в утренние и дневные часы.

Скорости ветра в городе по сравнению с загородом в подавляющем большинстве случаев снижаются; это ослабление более существенно на высоте 2,0 м от поверхности земли. В летние месяцы, при определенных условиях погоды и положения пунктов наблюдений, скорость ветра может быть и выше, чем на

городом, тем более на высоте флюгера. Внутри города отдельные районы (участки) будут иметь в несколько раз меньшую скорость ветра, чем, например, в пойме Днепра или на возвышенностях. Таким образом, результаты исследования подтверждают высказанные ранее предположения о том, что решающими факторами рассмотренного микроклиматического разнообразия территории города являются смена природных ландшафтов, положение района города относительно его центра и характер застройки.

### 3.3. Микроклиматические особенности поймы Днепра

Особый климат формируется в пойме Днепра, расположенной в черте города. Как известно в настоящее время пойма является районом интенсивного жилищного строительства вдоль реки и основным местом отдыха городского населения, его санитарно-защитным комплексом.

Способность микроклимата поймы как мезорайона города, особенно в более узкой ее части, обусловлено наличием значительного водного пространства реки, долина которой с одной стороны ограничена высоким и крутым правым берегом, а с другой — низким частично застроенным, а в основном занятым парками, множеством зеленых островов, проток, озер и водоемов левым берегом.

Существенное значение для ветровых характеристик имеет вытянутость долины в определенном направлении: в верхнем течении реки — с северо-запада на юго-восток, в нижнем — почти в южном.

Основным пунктом наблюдений в этом районе был гидрометеорологический пост в Гидропарке, микроклиматические наблюдения на котором начались в июле 1976 г. Наблюдения дополнялись маршрутными и площадными микроклиматическими съемками, а также данными метеостанций Киев, ГЭС; Киев, Ботанический сад и Киев, Багринова гора.

Температура воздуха на дне и склонах долины по сравнению с температурой в районах города с различным ландшафтом, расположенных на разном расстоянии от реки, может быть выше или ниже (табл. 106). Различия зависят как от сезона и времени суток, так и от местных особенностей расположения пункта.

Летом на верхнем и среднем участках долины (Киев, ГЭС; Киев, Гидропарк) в течение светлого времени суток теплее на  $1-1,3^{\circ}\text{C}$  по сравнению с правобережной частью города, исключая днем район Киевской ГЭС. Эти различия проявляются ярче в вечерние часы в результате более медленного охлаждения долины и находящегося над ней воздуха.

Таблица 106

Разность температуры воздуха (°C) между данными метеостанций, расположенных в долине Днепра и в центральной части города

Сезон	Время суток	Киев, ГЭС	Гидропарк	Киев, Багринова гора (высокий удаленный склон)	Примечание
Зима	Утро	-2,0	-1,7	-1,3	Разности получены по сравнению с данными опорной метеостанции Киев, обсерватория, находящейся на правобережье
	День	-1,3	-2,4	1,1	
	Вечер	-0,6	0,1	0,2	
Лето	Утро	0,5	0,7	1,1	Разности получены по сравнению с данными постов левобережья: Дарница I (для зимы) и Дарница II (для лета)
	День	-0,6	0,7	0,2	
	Вечер	0,7	1,3	0,5	
Зима	Утро	0,8	1,9	2,2	Разности получены по сравнению с данными постов левобережья: Дарница I (для зимы) и Дарница II (для лета)
	День	-0,1	-1,0	0,3	
	Вечер	0,9	-0,2	—	
Лето	Утро	-0,5	-0,4	0,1	Разности получены по сравнению с данными постов левобережья: Дарница I (для зимы) и Дарница II (для лета)
	День	-1,1	-0,3	-0,5	
	Вечер	-0,5	0,0	—	

Аналогичные условия создаются на верхних участках склона правого берега (Ботанический сад, Багринова гора), где склывается, кроме того, отток охлажденного воздуха в долину утром и вечером. Однако температура здесь несколько ниже по сравнению с Гидропарком. Если эти же участки долины рассматривать относительно левобережной низменности (Дарница), то они уже оказываются несколько холоднее ввиду более сильного прогрева застроенных участков района Дарницы. Более низкими значениями температуры воздуха отличается и открытый район Киевской ГЭС — днем здесь на 1°C холоднее, чем в Дарнице и Гидропарке. Более высокую температуру (днем на 2,0—2,5°C выше, чем в центре города) имеет и поверхность почвы левого берега реки.

Можно отметить, что на левом берегу реки, например, в Гидропарке, в июле, при солнечной погоде с ветром до 3 м/с, дневная температура воздуха более чем в 50% превышает 24°C, а утром и вечером редко опускается ниже 20°C (табл. 107). Даже в сентябре днем здесь преобладает температура воздуха выше 18°C, а вечером — выше 20°C.

В зимних условиях, которые для поймы практически начинаются с момента замерзания реки (в среднем — конец декабря — начало января), распределение температуры по сравнению с остальной частью города резко меняется (см. табл. 106).

В районах Киевской ГЭС, Гидропарка и остальной прилегающей к левому берегу городской территории в январе и феврале в утренние и дневные часы воздух холоднее на 1,5—2,5°C, чем в центре города, и на 2,5—3,5°C, чем в других районах правобережья. В отдельные дни в долине может быть на 5—6°C холоднее, чем на возвышенных участках города. Тенденция по-

Таблица 107

Температура и относительная влажность воздуха в районе Гидропарка. Солнечная погода, ветер менее 3 м/с

Время суток	VI	VII	VIII	IX
Температура воздуха, °C				
Утро	19,3	21,2	19,6	14,4
День	22,2	24,5	23,5	18,6
Вечер	20,2	22,2	20,9	20,5
Относительная влажность, %				
Утро	68	70	75	79
День	61	63	64	65
Вечер	65	66	71	75

Примечание. Часы наблюдений: утром — 9 ч, днем — 12, 15 ч, вечером — 18 ч.

солодания в долине относительно правобережья сохраняется и в вечерние часы, однако разница в температуре не превышает 0,6°C. Поскольку на левобережье в этот период значительно холоднее, чем на правом берегу, различия температуры между поймой Днепра и районами Дарницы оказываются меньше. В долине Днепра, вдоль которых происходит стекание охлажденного воздуха в долину и возникновение инверсий температуры, не испытывают такого понижения температуры воздуха, как более на возвышенности (Киев, Багринова гора, Киев, Ботанический сад). По сравнению с центром города на этих возвышенностях оказывается все же холоднее утром и днем (на 1,0—1,5°C), но по отношению к Дарнице на левом берегу — теплее (на 2,0—2,5°C).

Представляет интерес режим температуры воздуха в долине Днепра и в ночные часы по сравнению со старой частью города и районами левобережья. Данные наблюдений показывают, что в районе Гидропарка и прилегающего жилого массива Березань минимум на поверхности почвы будет выше, чем в центре города. В теплый период это превышение составляло около 1,0—1,5°C, а в холодный — 2,0—2,5°C. Различия между минимумами в зимний сезон в пойме и в левобережных районах оказались вообще невелики (0,5—1,5°C).

Летом относительная влажность на верхней части склона (Киев, Ботанический сад, Киев, Багринова гора) днем оказывается на 1—2% выше, а вечером — даже ниже на 3—6%, чем в городе, очевидно, из-за более высокой температуры. Аналогичные различия отмечаются в вечерние часы между этими склонами и центром города. Однако в средней части долины (в районе Гидропарка) в солнечную погоду с ветром до 3 м/с относительная влажность на 7—11% выше, чем в центре города,

а при сравнении с более теплыми и сухими районами — еще выше (до 20%). Таким образом, средняя месячная относительная влажность воздуха с июня по сентябрь во все сроки колеблется от 60 до 80%. В дневные часы чаще всего относительная влажность ниже 65% (табл. 107).

Пойма Днепра (район Гидропарка), по сравнению с центром города и некоторыми другими районами правобережья, отличается повышенными скоростями ветра и коэффициентом  $K$ , рассчитанным для высоты 2,0 м. Это вызвано не столько местными условиями, благоприятными для свободной циркуляции воздуха в пойме, сколько большей защищенностью метеостанции Киев, обсерватория, относительно которой рассчитывалось  $K$  для поста Гидропарк. Доказательством этого явились более детальные характеристики скоростей ветра на высоте флюгера в пойме по данным нескольких метеостанций за период работы поста в Гидропарке (табл. 108). С этой целью измере-

Таблица 108

Отношение скоростей ветра ( $K$ ) и средняя скорость ветра в долине Днепра

Сезон	Время суток	Киев, ГЭС	Гидропарк	Киев, Багринова гора	Примечание
Отношение скоростей ветра ( $K$ )					
Зима	Утро	2,2	1,3	1,8	Коэффициент $K$ получен для высоты флюгера. Сравнение сделано с данными опорной метеостанции Киев, обсерватория
	День	2,3	1,3	1,6	
	Вечер	2,4	1,2	2,3	
Лето	Утро	2,5	0,9	1,2	
	День	2,0	0,6	1,3	
	Вечер	2,1	1,0	1,5	
Средняя скорость, м/с					
Зима	Утро	6,4	3,8	5,2	Приведены к данным опорной метеостанции Киев, обсерватория
	День	7,4	4,2	5,1	
	Вечер	7,4	3,7	7,1	
Лето	Утро	5,0	1,8	2,4	
	День	7,0	2,1	4,6	
	Вечер	4,6	2,2	3,3	

ния в Гидропарке на высоте 2,0 м с помощью коэффициента  $K=1,4$  приведены к высоте флюгера.

Оказалось, что на этой высоте в Гидропарке, по сравнению с другими пунктами в долине, должны наблюдаться наименьшие скорости ветра, а летом они даже меньше (утро, день) или такие же (вечер), как на возвышенном правом берегу города. Большими скоростями ветра отличаются высокие склоны Днепра, а самым ветренным является верхний участок поймы — район Киевской ГЭС. Средняя многолетняя скорость ветра в районе Киевской ГЭС может достигать не только зимой, но и летом 7 м/с и более (табл. 108).

На удаленной от правого берега реки возвышенности (Багринова гора) такая скорость возможна только зимой в вечерние часы, а летом, в течение всей светлой части суток, она не превышает 4,6 м/с.

Для района Гидропарка летом средние скорости ветра составляют 2 м/с, зимой они в два раза больше. По данным за 1976 г. летом в Гидропарке во все сроки преобладали (60—70%) северо-западные и северные ветры, в то время как в центре города господствовали (40—45%) северные, северо-восточные и западные ветры (рис. 52). Большая повторяемость

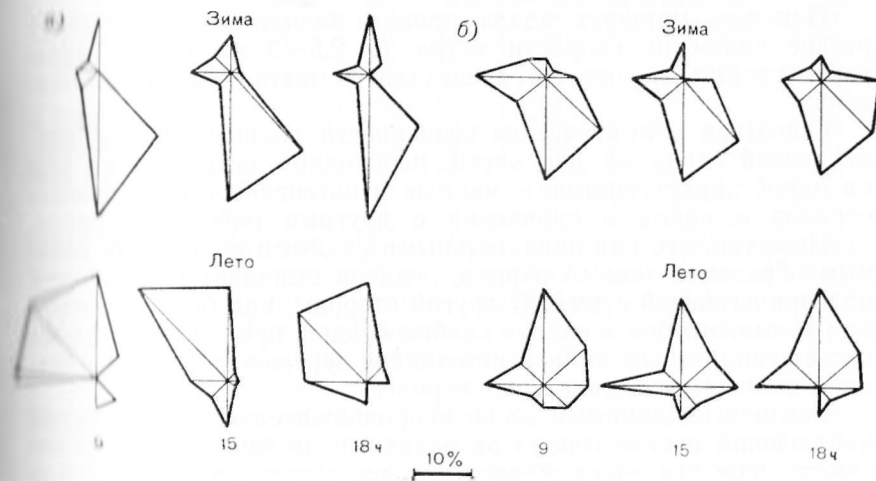


Рис. 52. Повторяемость (%) направлений ветра. а — Гидропарк, б — Киев, обсерватория.

в Гидропарке северо-западных направлений (в четыре раза больше, чем в центре города) объясняется не только направлением долины Днепра, но и защищенностью метеостанции Киев, обсерватория с северо-западной стороны. Зимой преобладающие направления на обоих пунктах совпадают — южное и юго-восточное; на их долю приходится 60—70%. Вместе с тем в долине Днепра, в отличие от правого берега, наблюдаются и северные ветры.

Таким образом, с учетом многолетнего распределения ветра в центре города зимой в Гидропарке преобладающими следует считать северо-западные и юго-восточные ветры. Летом чаще всего будут господствовать северо-западные и северные ветры.

По данным маршрутных съемок в мае, при северном ветре, дующем и правый берег долины Днепра имеют примерно одинаковую температуру и влажность воздуха, однако скорость ветра на защищенном правом берегу будет в 2,5 раза меньше.

Аналогичные условия создаются на берегах и при южных ветрах (июль), но в первом случае в долине оказывается холоднее, чем в центре левобережья (Ленинградская площадь), а во втором случае — температуры одинаковы.

В июле днем при южном ветре по маршруту из долины вверх по правобережью (до Львовской площади), внизу было на 0,8°C холоднее и на 9—10% влажнее (у самой реки соответственно на 2,7°C и на 26%). В феврале днем, также при южном ветре, на правобережье (от площади Дзержинского до моста им. Патона) температура воздуха была на 2,5°C выше, чем на левобережье при почти равных скоростях ветра.

Наконец, маршрут вдоль правого берега Днепра выявил резкое снижение скорости ветра (в 2,5—3 раза) на самом узком участке долины — от пешеходного моста до моста им. Патона.

Описывая климатические особенности долины Днепра, разделяющей город на две части, необходимо остановиться еще на одной характеристике — частоте и интенсивности выпадения осадков в пойме в сравнении с другими районами города.

Известно, что над значительными водными объектами, главным образом в теплый период, осадков выпадает меньше, чем над прилегающей сушей. С другой стороны, над большим городом возможны более частые слабые осадки, причем этот эффект может усиливаться вблизи источников загрязнения и под влиянием возвышенных участков в городе.

Располагая данными даже непродолжительных визуальных наблюдений постов города за осадками, можно выявить в какой-то мере эти закономерности и на территории Киева. Для корректировки таких наблюдений взяты данные метеостанций Киев, обсерватория (опорная) и Киев, Багринова гора. Все они рассматривались синхронно с наблюдениями в Гидропарке за летние месяцы 1976 г. и зиму 1976-77 г. Анализ полученных результатов показал, что почти везде дожди и снег идут чаще, чем в Гидропарке. Более того, в районе Гидропарка слабых дождей значительно меньше, чем в других районах, исключая район Дарницы, а сильных несколько больше. Большим числом слабых дождей особенно выделялись Багринова гора, что объясняется ее близостью к источнику загрязнения — цементному заводу, и район метеостанции Киев, обсерватория, где эффект влияния центра города на осадки, по-видимому, наибольший (табл. 109).

Наименьшее среднее количество осадков за год (в период 1971—1976 гг.) выпало в верхней части долины (480 мм), значительно больше — в нижней части (555 мм) и еще больше — над старым возвышенным центром города (586 мм).

Учитывая, что Гидропарк расположен в средней более узкой части долины и вблизи городских застроек левого берега, можно предположить, что осадков здесь будет меньше, чем на Багри-

Таблица 109

Повторяемость (число случаев) осадков в различных районах города в сравнении с Гидропарком

Пункт	Зима			Лето		
	число случаев с осадками					
	слабыми	сильными	всего	слабыми	сильными	всего
Гидропарк	2	13	15	5	16	21
Киев, обсерватория	20	7	27	13	18	31
Гидропарк	2	10	12	3	11	14
Багринова гора	3	10	13	4	12	16
Гидропарк	2	9	11	5	16	21
Улицы Ивана Лепсе	7	7	14	11	8	19
Гидропарк	1	10	11	5	13	18
Львовский массив	12	10	22	13	15	28
Гидропарк	2	13	15	5	16	21
Киев, Багринова гора	15	11	26	20	5	25

новой горе, но больше, чем в районе Киевской ГЭС. Следовательно, в сравнении со средней суммой осадков за год в центре города (Киев, обсерватория) в Гидропарке осадков выпадает примерно на 80—90 мм меньше.

В заключение нужно подчеркнуть, что пойма Днепра по метеорологическим условиям и микроклимату резко отличается от других районов города, особенно от его центральной возвышенной части. Температура воздуха здесь летом в среднем несколько выше, зимой — намного ниже. Днем в летние месяцы в пойме Днепра температура воздуха понижается. Влажность воздуха в теплый период здесь выше, чем среди городских застроек, особенно в дневные часы. Скорость ветра в долине отнюдь не более защищенных районов города на правом берегу повышена.

Следует отметить также значительное уменьшение в пойме частоты выпадения осадков, в основном за счет слабых, и заметное их увеличение в районах старого центра города и Багриновой горы.

При проектировании вдоль поймы новых жилых массивов, важно одновременно предусмотреть и мероприятия по мелiorации микроклимата. В их числе должны быть мероприятия по ослаблению ветровых нагрузок, особенно в верхнем течении реки, путем направленного размещения домов и специальных защитных блоков. При этом нужно помнить о необходимости сохранения воздухообмена внутри городских ансамблей, способствующего созданию в летнее время оптимальных условий температуры и влажности воздуха, а в зимние месяцы препятствующего большому ночному выхолаживанию приземного слоя воздуха.

#### 8.4. Мезо- и микроклиматическое районирование города

Выше были рассмотрены микро- и мезоклиматические характеристики Киева и выявлены основные закономерности в распределении температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра по территории города. Это позволило выполнить мезо- и микроклиматическое районирование рассматриваемой территории.

Вначале были построены микроклиматические карты распределения метеорологических элементов по территории Киева, позволившие выявить различия между районами.

По температуре воздуха представлены две карты, характеризующие средние величины за дневной срок летнего (май—сентябрь) и зимнего (декабрь—февраль) сезонов. Они даны в относительных единицах — разностях величин между городом и загородом (метеостанция Борисполь), в виде зон отклонений температуры в определенных пределах (рис. 53, 54). Таким образом, на картах изображаются количественные характеристики местного (мезо) климата города и одновременно его микроклиматические вариации между зонами и районами. В связи с тем, что эти вариации оказались существенными, особенно в зимние месяцы, было признано целесообразным на всей территории Киева выделить несколько мезоклиматических зон.

Две карты распределения скоростей ветра, в отличие от карт температуры, построены по данным, рассчитанным относительно опорной метеостанции Киев, обсерватория на высоте 1,5 м (коэффициенты  $K$ ). Они также характеризуют микроклимат города в дневные часы, причем отдельно для ветров северного и южного направлений (рис. 55, 56). Такое разделение было вызвано достаточно четкой зависимостью скорости ветра от его направления (на высоте 1,5 м в городе).

При использовании микроклиматических карт следует иметь в виду, что по температуре воздуха они строились для дней с солнечной погодой и ветром до 3 м/с.

Зимой (рис. 53) местный климат правобережной части характеризуется резким контрастом по сравнению с левобережной частью.

Если старый город сохраняет положительные микроклиматические разности температуры воздуха, которые в центральной части днем достигают  $1,0^{\circ}\text{C}$  и более, то в пойме Днепра и вглубь левобережья до самого леса они отрицательны. Самой холодной выделена пойма Днепра, особенно в ее узкой средней части, где на  $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$  холоднее, чем за городом (Борисполь). Отметим, что несмотря на такое распределение температуры воздуха, в вечерние часы на левобережье влияние города все же преобладает над местным выхолаживанием поймы и по этой причине все разности оказываются положительными.

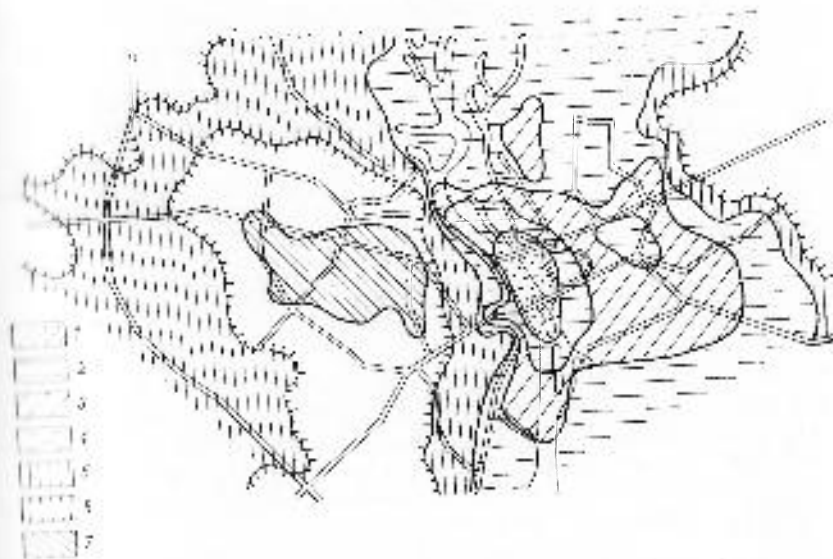


Рис. 53. Карта-схема разностей температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) между данными города и окрестностей. Зима.  
1)  $0,0... -1,5^{\circ}\text{C}$ ; 2)  $-1,4... -1,0^{\circ}\text{C}$ ; 3)  $-0,9... -0,5^{\circ}\text{C}$ ; 4)  $-0,4... 0,0^{\circ}\text{C}$ ; 5)  $0,1 - 0,5^{\circ}\text{C}$ ; 6)  $0,6 - 1,0^{\circ}\text{C}$ ; 7)  $1,1 - 1,5^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 54. Карта-схема разностей температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) между данными города и окрестностей. Лето.  
1)  $0^{\circ}\text{C}$  и ниже; 2)  $0,1 - 0,5^{\circ}\text{C}$ ; 3)  $0,6 - 1,0^{\circ}\text{C}$ ; 4)  $1,1 - 1,5^{\circ}\text{C}$ .

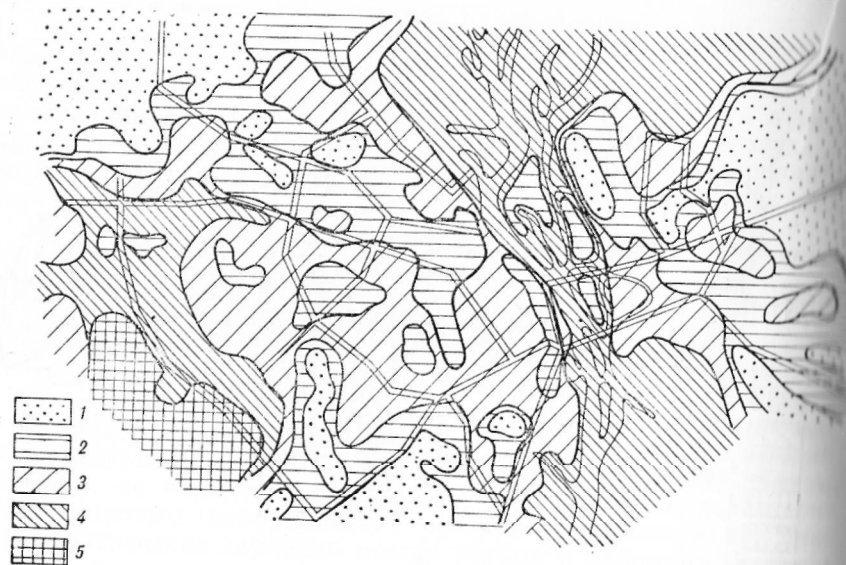


Рис. 55. Карта-схема отношений скорости ветра в городе при северном направлении. Лето.  
1) менее 1,0; 2) 1,0—2,0; 3) 2,1—3,0; 4) 3,1—4,0; 5) более 4,0.

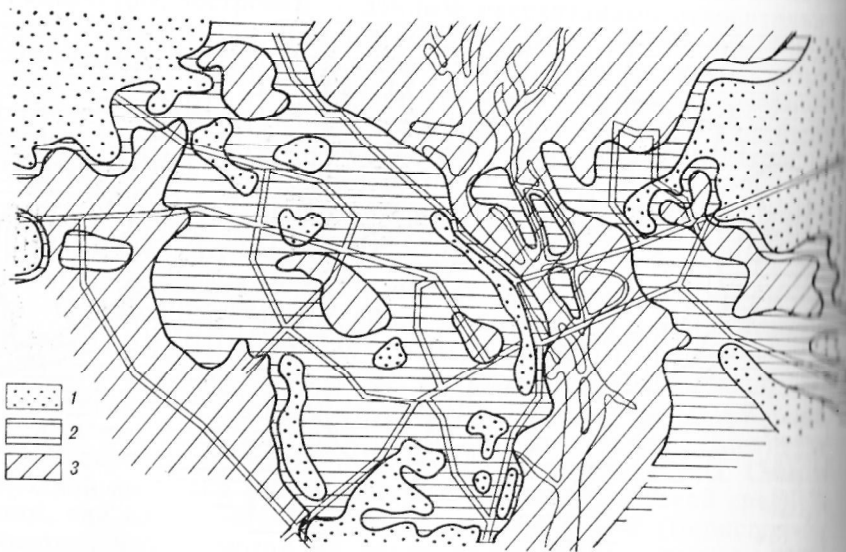


Рис. 56. Карта-схема отношений скорости ветра в городе при южном направлении. Лето.  
1) менее 1,0; 2) 1,0—2,0; 3) 2,1—3,0 и более.

На летней микроклиматической карте температуры воздуха (рис. 54) различия между районами, как уже отмечалось, менее значительны по сравнению с зимой. Замкнутый район с наибольшими значениями разности температуры ( $\Delta t = 1,0 \dots 1,5^\circ\text{C}$ ) занимает, примерно, центр его левобережной части. Вторая достаточно большая теплая зона с отдельными небольшими «холодными районами» на возвышенности находится на правой стороне Днепра ( $\Delta t = 0,5 \dots 1,0^\circ\text{C}$ ). Несколько более холодной оказывается западная окраина города, а на пойме разности температуры имеют даже отрицательные значения ( $\Delta t = 0,0 \dots 0,5^\circ\text{C}$ ); иначе говоря, у Днепра несколько холоднее, чем в районе Борисполя. Аналогичные условия создаются и в пригородных лесах, почти кольцом окружающих город (рис. 54).

Микроклиматические карты скорости ветра отдельно для северного и южного направлений (рис. 55, 56), построенные для коротких сроков (12 и 15 ч), свидетельствуют о значительном разнообразии ветрового режима в городе. На карте для северных составляющих направления ветра перепад величин коэффициента  $K$  и число самостоятельных центров оказались заметно больше, чем на карте с южными составляющими.

На обеих картах зоны с большими скоростями ветра ( $K = 2,0$  и  $K = 3,0$ ) находятся в пойме Днепра, на юго-западной и северо-восточной окраинах города и на отдельных возвышенностях.

Неблагоприятными условиями при северном ветре отличается его западный район города — Никольская Борщаговка и ближайший к ней пригород, лишенный больших лесных массивов. Здесь, на высоте 1,5—2,0 м скорость ветра будет в 3—4 раза больше по сравнению с данными опорной метеостанции (на том же уровне).

Среди некоторых озелененных участков города и в пригородных лесах коэффициент  $K$  редко бывает выше 1,0.

Таким образом, в Киеве можно выделить четыре (I—IV) мезоклиматические зоны, каждая из которых имеет несколько микроклиматических районов. Всего таких районов в городе восемь, и в дополнение к ним было выделено два района в пригородной лесной мезоклиматической зоне.

В мезоклиматическую зону I входит все правобережье за исключением отдельных участков в верхнем и нижнем течении реки. Она простирается до западной границы города и лесного массива Пуца-Водица на северо-западе. Это самая теплая и сухая мезозона города с более слабыми ветрами в восточной ее половине. Мезозона I подразделяется на три микроклиматических района — западный ( $I_1$ ), прибрежный ( $I_2$ ), в который входят Курепевка, Оболонь и Подол, и остальная часть правобережья ( $I_3$ ) (рис. 57).

Мезоклиматическая зона II включает пойму Днепра с ее островами и протоками. Здесь всегда более влажно и ветрено,

особенно в верхней и нижней ее частях, а зимой (январь, февраль) намного холоднее остальных районов. Узкая часть поймы в самом городе (мост метро — железнодорожный мост) выделяется в отдельный микроклиматический район ( $III_4$ ), второй район этой мезозоны ( $II_5$ ) объединяет верхнюю и нижнюю части поймы.



Рис. 57. Мезо- и микроклиматическое районирование территории Киева  
 Мезоклиматические зоны: I — правобережье, II — пойма Днепра, III — левобережье, IV — пригородные лесные массивы. Микроклиматические районы:  $I_1$  — западный,  $I_2$  — прибрежный,  $I_3$  — остальная часть правобережья;  $II_5$  — узкая средняя часть поймы Днепра,  $II_5$  — верхняя и нижняя части поймы;  $III_6$  — район, примыкающий к левому берегу Днепра,  $III_7$  — центральный,  $III_8$  — остальная часть левобережья.

В мезоклиматическую зону III входит вся застроенная часть левобережья и отдельные открытые участки поймы, исключая Никольскую слободку, Гидропарк, Осокорки, Бортнички). Восточной ее границей служат пригородные леса. От мезозоны I она отличается сравнительно высокими летними и низкими зимними температурами, большими скоростями ветра и меньшей сухостью воздуха. В ней выделяют небольшие микрорайоны — район, примыкающий к левому берегу Днепра ( $III_6$ ), т. е. Рузановский массив и Березняки, центральный ( $III_7$ , метро Дарница — Ленинградская площадь) и остальная часть левобережья ( $III_8$ ).

Мезоклиматической зоной IV условно названы пригородные лесные массивы, с трех сторон окружающие город, в которых

Мезо- и микроклиматическое районирование территории Киева  
 в дневные часы

Мезоклиматическая зона	Мезоклиматические характеристики				Микроклиматический район города	Уточненные характеристики			
	зима	лето				зима	лето		
		$\Delta t^{\circ}C$	$\Delta t\%$	K (север)			K (юг)	$\Delta t^{\circ}C$	K (север)
Мезозона I	-0,5...-1,5	0,0-1,0	-5...-10	1,0-4,0	1,0-2,0	0,0-1,0	0,0-0,5	>2,0-4,0	>1,0-2,0
Мезозона II	0,0...-2,0	<0,0-0,5	>5-10	>3,0	>2,0	-0,5...0,5	0,0-1,0	>1,0-3,0	>1,0-2,0
Мезозона III	0,0...-1,5	0,0-1,5	0...-5	1,0-3,0	>1,0-2,0	0,5-1,5	0,5-1,0	>1,0-2,0	1,0-2,0
Мезозона IV	>0,5	<0,0...-0,5	>10-15	<1,0	<1,0	-1,5...-2,0	0,0-0,5	<3,0	<2,0



холоднее летом, теплее зимой и всегда более влажно; для них характерен слабый ветер.

В мезозоне IV выделяют два микроклиматических района  $IV_9$  — негустой сосновый лес и  $IV_{10}$  — густой лиственный или смешанный лес.

Более подробные характеристики мезоклиматических зон города и их микроклиматических районов представлены в табл. 110.

Большая неоднородность территории и постепенное развитие города вызовут необходимость дальнейшего уточнения и корректировки микроклиматических характеристик и микроклиматического районирования.

### 8.5. Осредненная по площади температура подстилающей поверхности

Для решения ряда задач градостроительства, деятельности производственных и коммунальных предприятий, биоклиматологии человека и многих других вопросов важное значение имеет осредненная по площади температура подстилающей поверхности в различных районах города. Ее измерения удобно проводить с небольшой высоты, с помощью вертолета, используя для этой цели радиометрическую аппаратуру [76]. Полученные материалы могут явиться хорошим дополнением к микроклиматическим наблюдениям.

Применительно к условиям Киева измерения выполнялись 28—30 августа 1975 г. с борта вертолета Ка-26 с высоты 100 м под руководством В. Н. Орлова. Территория города была условно разделена на 35 районов, отличающихся друг от друга своими физико-географическими характеристиками и условиями застройки.

Погода 28—29 августа была ясная с небольшим количеством кучевых облаков, достигающих в полуденные часы 4 баллов. В течение всего дня 30 августа отмечалась значительная облачность верхнего яруса (перистые и перисто-слоистые облака). Температура воздуха в часы, близкие к полудню, достигала  $27^{\circ}\text{C}$ , а скорость ветра —  $5 \text{ м/с}$ . Измерения производились сериями продолжительностью около часа каждая. Анализ результатов измерений был выполнен И. М. Утвой.

На рис. 58 представлены результаты измерений средней по площади температуры подстилающей поверхности ( $t_{п.п}$ ) для районов Оболонь, Ветряные горы, Нивки и Подол. С целью сравнения на рисунке показан также дневной ход температуры воздуха по данным наблюдений метеостанции Киев, Багринова гора.

Оболонь и Ветряные горы являются районами новой застройки города. Они характеризуются примерно одинаковыми физико-

географическими условиями. Это нашло отражение и в кризисе дневного хода температуры подстилающей поверхности в этих районах; они оказываются весьма близкими между собой.

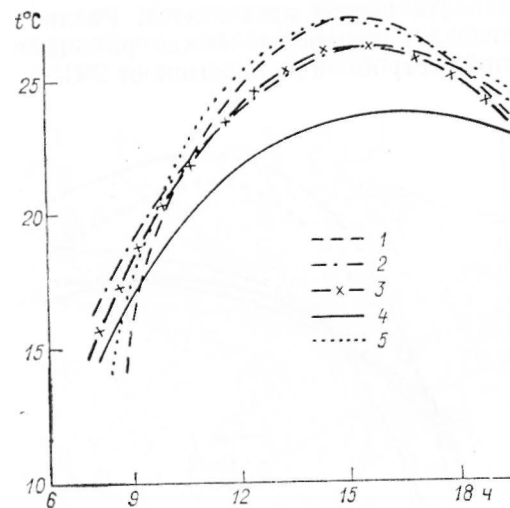


Рис. 58. Дневной ход осредненной температуры подстилающей поверхности ( $^{\circ}\text{C}$ ) для различных районов города.

1 — Киев, Багринова гора, 2 — Подол, 3 — Нивки, 4 — Ветряные горы, 5 — Оболонь.

Кривые же для районов Нивок и Подола группируются между собой. Разность между максимальными значениями  $t_{п.п}$  старых и новых районов города может достигать более  $1^{\circ}\text{C}$ . Причем новые районы оказываются теплее. Вызвано это преобладанием песчаной поверхности и еще относительно небольшим населением. В утренние часы положение меняется. За счет большего охлаждения, меньшей плотности застройки и хорошей продуваемости улиц температура подстилающей поверхности в новых районах оказывается заметно ниже, чем в старой части города. Это различие в 9 ч утра может составлять  $3^{\circ}\text{C}$ . Район Ветряные горы характеризуются повышенными скоростями ветра.

На рис. 59 приведен дневной ход температуры  $t_{п.п}$  для различных по своим физическим характеристикам видов подстилающей поверхности: районы с производственной и жилой застройкой (Оболонь), лес и водная поверхность (р. Днепр).

В течение почти всего дня  $t_{п.п}$  в промышленных районах оказывается заметно выше, затем идут новые жилые массивы, лес и вода. В 15 ч разность между значениями  $t_{п.п}$  для промышленных районов и водной поверхности может составить более 5°C. Утром в 9 ч наиболее низкую температуру подстилающей поверхности имеют кроны леса. Различия в температуре подстилающей поверхности между районами с производственной и жилой застройкой не превышают 2°C.

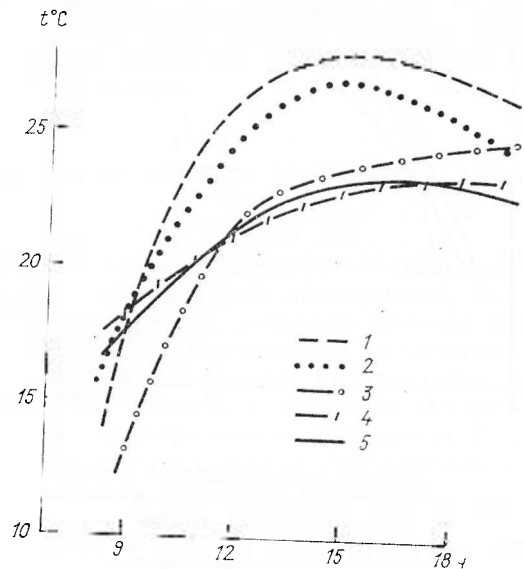


Рис. 59. Дневной ход осредненной температуры для различных видов подстилающей поверхности (°C).

1 — производственная застройка, 2 — новая жилая застройка, 3 — поверхность леса, 4 — водная поверхность, 5 — Киев, Багринова гора.

Наибольшие разности в значениях  $t_{п.п}$  наблюдаются между застроенными участками городской территории и естественными формами ландшафта в городе. Это еще одно свидетельство существенного влияния хозяйственной деятельности человека на формирование метеорологического режима окружающей среды. Оно может быть заметно ослаблено, если элементы искусственного ландшафта города будут чередоваться с естественными. К этому, в частности, должны сводиться мероприятия по мелиорации климата города.

На рис. 60 представлена тепловая карта Киева, построенная по данным радиометрических измерений с вертолета. На карту нанесены осредненные по площади внутри каждого района температуры подстилающей поверхности.

Различия между средними значениями  $t_{п.п}$  для города в целом и пригородной зоны с естественным ландшафтом могут достигать в теплый период года более 8°C.

С увеличением скорости ветра термические контрасты между отдельными районами сглаживаются.

Радиометрические измерения температуры подстилающей поверхности могут быть использованы для уточнения границ города отдельными мезоклиматическими районами города. В

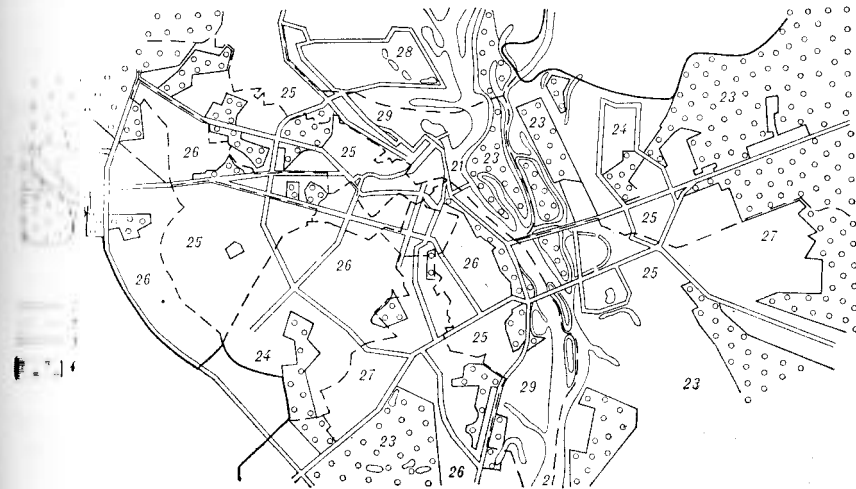


Рис. 60. Средняя температура (°C) подстилающей поверхности в различных районах Киева (по измерениям с вертолета).

1 — граница города, 2 — границы городских районов, 3 — дороги, 4 — парки.

практическом отношении это представляет несомненный интерес при проведении мелиоративных мероприятий, направленных на преобразование климата города.

Совместно с измеренными значениями температуры воздуха материалы по термической неоднородности подстилающей поверхности могут быть использованы для оценки термической неустойчивости приземного слоя воздуха в различных районах города. Это имеет существенное значение для определения уровня загрязнения нижних слоев атмосферы промышленными и транспортными выбросами.

## 9. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА

### 9.1. Загрязнение воздуха и его связь с метеорологическими условиями

Под загрязнением воздуха принято подразумевать изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примесей, т. е. рассеянных в атмосфере веществ, не содержащихся в ее постоянном составе.

Загрязнение воздушного бассейна Киева, так же как и других крупных промышленных центров, в основном определяется производственной деятельностью человека, связанной с развитием промышленности, строительства и транспорта.

Основными загрязняющими городской воздух веществами являются: пыль различного состава, двуокись серы, окись углерода и окислы азота.

Пыль как атмосферная примесь представляет собой взвешенные в воздухе мельчайшие (порядка 0,1 мкм) твердые частицы различных веществ, попадающих в атмосферу главным образом при различных производственных процессах и обладающих малой скоростью оседания и поэтому не выпадающих из воздуха под воздействием гравитационных сил.

Двуокись серы (сернистый газ или сернистый ангидрид) образуется при сжигании ископаемого топлива, содержащего серу (уголь, нефть). В городах с развитым центральным отоплением основная масса двуокиси серы поступает в воздушный бассейн в виде теплых выбросов через высокие дымовые трубы теплоэлектростанций и крупных заводов.

Окись углерода (угарный газ) образуется во время сжигания содержащего углерод топлива при недостаточном поступлении кислорода или при низких температурах, сопровождающих процесс окисления. В городских условиях основными источниками окиси углерода являются двигатели внутреннего сгорания, и первую очередь работающие на бензине. Особенно значительно выделение окиси углерода при холодном запуске двигателя и работе его на холостом ходу. Большое количество автомобилей, их подвижность и распределение по всему городу, частые остановки с работающим двигателем на перекрестках превра-

щают всю территорию города в единый рассредоточенный источник загрязнения воздуха окисью углерода в виде низких холодных выбросов.

Окислы азота образуются в процессе высокотемпературного горения твердого и жидкого топлива. В атмосферу окислы азота поступают как в виде высоких теплых выбросов крупных промышленных предприятий и теплоэлектростанций, так и в виде низких холодных выбросов транспортных средств. Содержание окислов азота в выхлопных газах автомобилей резко возрастает при движении с повышенной скоростью и особенно при ускорении движения.

Материалы наблюдений за содержанием вредных примесей показывают, что уровень загрязнения приземных слоев воздуха подвержен большим изменениям во времени и пространстве. Эти изменения связаны с расположением, характером и мощностью источников примеси, режимом их деятельности, а также с метеорологическими условиями [10].

Основными метеорологическими факторами, влияющими на формирование поля загрязнения и вызывающими его изменчивость, являются ветер и температурная стратификация приземного слоя воздуха.

С ветром прежде всего связан горизонтальный перенос примесей, удаление их от источника загрязнения и вынос за пределы города. Но этим действие ветра не ограничивается. Горизонтальное движение воздуха над термически неоднородной шероховатой поверхностью приобретает вихревой, турбулентный характер. Турбулентность обуславливает диффузию поступающих в атмосферу примесей — их перемешивание и рассеяние в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Слой воздуха от поверхности земли до высоты 1—1,5 км, в котором движение воздушных масс носит хорошо выраженный турбулентный характер, принято называть пограничным слоем (иногда его называют слоем трения). Внутри пограничного слоя выделяется приземный слой высотой до 100 м. В нем метеорологические условия с высотой меняются особенно резко. Вертикальные градиенты температуры в этом слое по абсолютной величине могут в десятки и даже сотни раз превышать вертикальные градиенты температуры в пограничном слое. Самая нижняя часть приземного слоя, где под влиянием сил трения средняя скорость поступательного движения воздуха обращается в нуль, носит название слоя шероховатости. Внутри слоя шероховатости турбулентное движение приобретает особенно хаотичный характер, скорости отдельных частиц могут достигать больших значений, но в то же время так быстро меняются по величине и направлению, что осредненное значение скорости будет равно нулю. В результате выполненной в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова обработки наблюдений за скоростью ветра на телевизионной вышке значение тол-

щины слоя шероховатости для территории Киева получено равным 4,6 м [10].

На развитие турбулентности, кроме скорости ветра и свойств подстилающей поверхности, большое влияние оказывает характер термодинамической устойчивости в приземном слое атмосферы. Устойчивость, в свою очередь, определяется температурной стратификацией (делением атмосферы на слои в зависимости от изменения температуры воздуха с высотой). Слой атмосферы, в котором температура сухого воздуха падает с высотой более чем на  $1^{\circ}\text{C}/100$  м, находится в неустойчивом термодинамическом равновесии. Если температура с высотой падает менее чем на  $1^{\circ}\text{C}/100$  м, то атмосфера находится в устойчивом равновесии. Особенно устойчивыми становятся те слои воздуха, в которых температура воздуха с высотой не меняется (изотермия) или же возрастает (инверсия). Слой инверсии оказывает стабилизирующее влияние на все движения воздуха, гасит турбулентность, локализует перемешивание и препятствует обмену воздухом между различными слоями.

Влияние устойчивости и инверсий на загрязнение воздуха неоднозначно. С одной стороны, при устойчивой стратификации в нижних слоях воздуха будут скапливаться примеси, поступающие сюда от низких холодных источников, как правило, характеризующихся небольшой мощностью выброса. В то же время устойчивость воздуха может стать препятствием для проникновения в нижние слои примесей, поступающих в атмосферу в виде организованных промышленных выбросов, обладающих большой мощностью. При неустойчивой стратификации может наблюдаться противоположный процесс: рассеяние примесей от низких источников и поступление в нижние слои воздуха примесей от высотных источников.

Исследования материалов о загрязнении воздуха во многих городах мира показали, что аномально высокие концентрации вредных веществ, представляющие опасность для здоровья и жизни людей, устанавливаются тогда, когда над источниками выбросов длительное время располагается слой приподнятой инверсии, задерживающий перенос примесей вверх. В то же время в подынверсионном слое должны наблюдаться условия, способствующие проникновению примесей в самые нижние слои атмосферы.

В табл. 111 приведены данные о повторяемости типов стратификации у поверхности земли и различных видов инверсий в пограничном слое (от 0 до 2 км). Типы устойчивости определялись по методу, разработанному в Ленинградском гидрометеорологическом институте. Для расчета использовались данные наблюдений за радиационным балансом земной поверхности и скоростью ветра по флюгеру на метеостанции Киев, Багринова гора в течение десяти лет (1966—1975 гг.). Повторяемость инверсий рассчитывалась по данным радиозондиро-

Таблица 111

Повторяемость (%) типов стратификации у поверхности земли и инверсии в слое 0—2 км

Характеристика	t = 3 ч					t = 15 ч				
	зима	весна	лето	осень	год	зима	весна	лето	осень	год
Стратификация										
Устойчивая	78,0	92,7	98,7	92,5	90,5	17,8	0,3	0,1	1,0	4,7
Неустойчивая	22,0	7,3	1,3	7,5	9,5	57,5	15,9	3,0	32,0	27,0
Неустойчивая	—	—	—	—	—	24,7	83,8	96,9	67,0	68,3
Инверсия										
Приземная	28,5	45,3	56,5	43,0	43,1	9,7	1,3	1,0	2,6	4,0
Приподнятая	63,7	34,7	18,7	39,4	40,7	78,4	39,9	21,9	60,2	50,5
Без инверсий	7,8	20,0	24,8	17,6	16,2	11,9	58,8	77,1	37,2	45,5

вания, выполнявшегося Киевской аэрологической станцией в тот же период.

Как следует из данных табл. 111, устойчивость приземного слоя атмосферы претерпевает существенные изменения в течение суток. Вероятность сохранения неизменной стратификации в течение продолжительного времени даже в зимнее время очень мала. Это свидетельствует о том, что Киев обладает хорошими естественными условиями проветривания своей территории.

Одновременное действие многих источников, рассредоточенных по всему городу и выбрасывающих примеси на различных высотах, изменчивость режима их работы, подвижность транспортных средств, а также особенности рельефа местности, характера городской застройки различных районов, состояние застройки города и другие «неметеорологические» факторы определяют чрезвычайную сложность пространственно-временной структуры загрязнения воздушного бассейна. Поэтому процесс загрязнения атмосферы следует рассматривать как вероятностный, а концентрации примесей в каждой точке как случайные функции координат и времени.

Средние для всего города концентрации за длительный период (год или несколько лет) определяются суммарной мощностью выбросов промышленных источников. Изменение метеорологических условий вызывает колебания величин разовых концентраций относительно средней. Для выделения именно этих колебаний в качестве показателей, характеризующих уровень загрязнения атмосферы, используются относительные концентрации  $Q$ , равные отношению разовых концентраций данной примеси к своей средней за весь период наблюдений.

Величины разовых относительных концентраций связаны с интегральными средними характеристиками через функции распределения вероятностей (рис. 61). При построении кривых на оси ординат откладывались повторяемости концентраций,

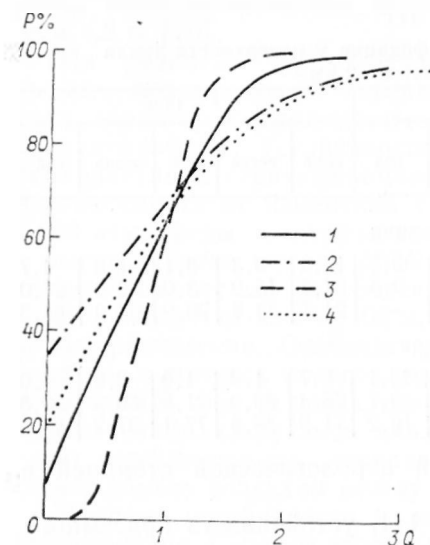


Рис. 61. Функции распределения вероятностей для основных загрязняющих веществ.  
1 — пыль, 2 — двуокись серы, 3 — окись углерода, 4 — окислы азота.

не превышающих значения величин, обозначенных на оси абсцисс. Большие значения повторяемости нулевых концентраций некоторых примесей говорят о том, что содержание соответствующих веществ в воздухе часто бывает настолько малым, что их не удается обнаружить принятыми методами анализа. Как следует из рисунка, высокие концентрации примесей (в два раза и более превышающие среднюю) встречаются редко.

Общая изменчивость разовых концентраций характеризуется коэффициентами вариации, которые, по данным наблюдений в Киеве, равны: для пыли 0,61, для двуокиси серы 0,97, для окиси углерода 0,30 и для окислов азота 0,91. Статистическая связь средних суточных концентраций примесей во времени иллюстри-

руется автокорреляционными функциями (рис. 62). Интервал корреляции, т. е. время, в течение которого сохраняется статистическая связь между средними суточными концентрациями, равен 1—2 суткам. Это свидетельствует о малой вероятности появления периодов длительного и непрерывного повышенного загрязнения воздуха по всему городу.

Анализ данных наблюдений на стационарных пунктах не позволяет выделить районы города, в которых бы постоянно отмечалось повышенное содержание загрязняющих воздух веществ. На отдельных пунктах, в зависимости от их расположения относительно наиболее мощных источников загрязнения, концентрации примесей могут заметно меняться при изменении направления и скорости ветра. Однако эти изменения носят случайный характер. Средние уровни загрязнения на всех стационарных пунктах близки друг к другу. Также незначительны различия средних концентраций примесей, вычисленных для города в целом при различных направлениях ветра (табл. 112). Мало различаются и средние концентрации, рассчитанные при различной скорости ветра (табл. 113). При отсутствии ветра уровень загрязнения атмосферы всеми примесями повышается незначительно.

Материалы наблюдений за качеством воздуха сельских

территорий в период 1967—1978 гг. показывают, что содержание в атмосфере города основных примесей не проявляет тенденции к систематическому росту. Также невелики и сезонные изменения содержания загрязняющих веществ: закономерный годовой ход концентраций основных примесей не обнаружен.

Особенности рельефа, обилие зеленых насаждений на территории города и благоприятные климатические условия позво-

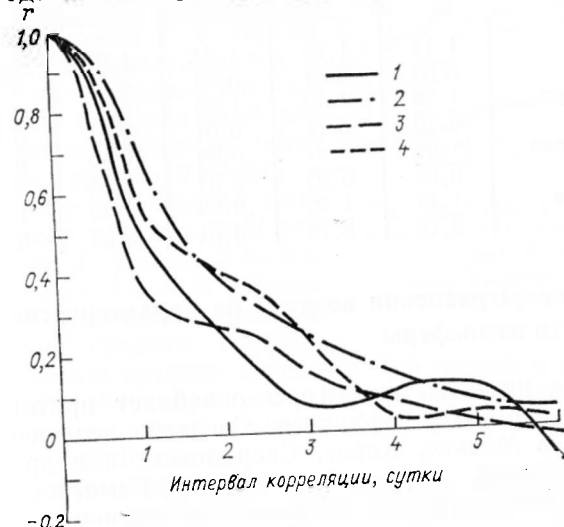


Рис. 62. Автокорреляционные функции средних суточных концентраций.  
Усл. обозначения см. рис. 61.

ляют осуществлять в Киеве комплекс организационных, планировочных и конструктивно-технологических мер, нейтрализующих антропогенное загрязнение атмосферы и обеспечивающих необходимую чистоту воздуха при высоком уровне производства.

Таблица 112  
Средние относительные концентрации примесей (числитель) и их средние квадратические ошибки (знаменатель) при различных направлениях ветра. 1976 г.

Примесь	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Пыль	1,00	1,08	0,79	0,88	1,12	1,25	0,96	0,96
	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,04	0,10
Двуокись серы	0,84	0,99	1,07	0,85	1,07	0,86	1,08	0,97
	0,07	0,08	0,06	0,14	0,07	0,08	0,05	0,10
Окись углерода	0,98	1,02	0,97	1,05	0,97	0,96	1,03	0,97
	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04
Окислы азота	1,05	1,13	1,04	0,76	0,81	0,81	1,05	1,03
	0,06	0,08	0,06	0,11	0,05	0,08	0,03	0,08

Таблица 113

Средние относительные концентрации примесей (числитель) и их средние квадратические ошибки (знаменатель) при различной скорости ветра. 1976 г.

Примесь	Штиль	Скорость ветра, м/с				
		1	2-3	4-5	6-7	>8
Пыль	1,13	1,08	1,04	1,00	0,92	0,91
	0,08	0,07	0,03	0,04	0,03	0,07
Двуокись серы	1,06	1,12	1,03	0,97	0,88	1,10
	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,08
Оксид углерода	1,04	1,01	0,99	1,02	0,98	1,01
	0,06	0,05	0,02	0,03	0,02	0,04
Оксиды азота	1,12	1,05	0,93	0,95	1,04	1,12
	0,12	0,10	0,04	0,05	0,04	0,08

## 9.2. Влияние загрязнения воздуха на характеристики прозрачности атмосферы

Уменьшение чистоты атмосферы ослабляет приток солнечной радиации к земной поверхности. Согласно исследованиям, выполненным в Москве, Киеве, Свердловске и в других промышленных центрах, в городе наблюдается заметное уменьшение притока прямой солнечной радиации по сравнению с загородной зоной.

Для Киева изменение степени чистоты атмосферы оценено по результатам актинометрических наблюдений.

В качестве характеристик прозрачности атмосферы использовались интегральный фактор мутности ( $T$ ) и его составляющие: фактор влажной мутности ( $\omega$ ) и фактор аэрозольной или остаточной мутности ( $R'$ ).

Существенных различий в годовом ходе (за период 1958—1975 гг.) фактора мутности  $T$  и его составляющих  $\omega$  и  $R'$  в городе (Киев, Багринова гора) и за городом (Борисполь) не отмечается (рис. 63). Увеличение интегрального фактора мутности атмосферы от зимы к весне происходит более резко, чем уменьшение от лета к осени. Максимальные значения фактора мутности в городе и за городом наблюдаются в июле и равны соответственно 4,20 и 3,96. От лета к осени интегральный фактор мутности уменьшается и достигает минимальных значений в ноябре. В городе его значения равны 3,09, а за городом — 2,61. Минимальные значения фактора мутности осенью можно объяснить характером циркуляционных процессов, определяющих большую чистоту воздушных масс и большую повторяемость обложных осадков, способствующих вымыванию аэрозоли из атмосферы.

В среднем за год интегральная мутность в Киеве на 10% больше, чем в Борисполе. В отдельные месяцы эта разность может достигать 30% и более (март — 23%). Наибольшие различия наблюдаются в марте — 6%.

В среднем за весь период максимум повторяемости  $T$  в городе приходится на интервал 3,5—4,0, а за городом — на интервал 3,0—3,5 (рис. 64). Зимой в городе наиболее часто наблюдаются значения фактора мутности, равные 2,5—3,0, а за городом — 2,0—2,5. Весной максимальное число случаев в Киеве имеет значения  $T$ , равные 3,0—3,5, а в Борисполе — 2,5—3,0. Летом наибольшие величины фактора мутности равны средним годовым значениям. Осенью средние величины  $T$  в городе и за городом одинаковы — 2,5—3,0. Кривые повторяемости для Борисполя сдвинуты в сторону меньших значений по сравнению с кривыми повторяемости для Киева.

Годовой ход аэрозольной (или остаточной) мутности подобен годовому ходу интегральной (рис. 63). Для Киева максимум наблюдается в мае (2,29), а для Борисполя — в июле (1,91). Минимальные значения аэрозольной мутности отмечаются в ноябре и составляют 1,39 для города и 0,89 за городом. В среднем за год аэрозольная мутность атмосферы в городе на 26% больше, чем за городом. Так же как и в случае интегрального фактора мутности, максимальные различия аэрозольной (или остаточной) мутности в исследуемых пунктах наблюдаются в марте (52%), минимальные — в июле (16%). Фактор влажной мутности характеризуется более сглаженным годовым ходом и почти полным отсутствием различий между городом и внегородскими условиями (рис. 63). Средние годовые значения  $\omega$  в городе и за городом одинаковые и равны 0,83. Годовой ход фактора влажной мутности полностью зависит от годового хода влажности воздуха.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что увеличение фактора мутности в Киеве по сравнению с Борисполем обусловлено аэрозольной составляющей. Это подтверждают данные табл. 114.

Изменения  $T$  и  $R'$  в городе и за городом в отдельные годы имеют весьма сложный характер, в то же время  $\omega$  почти не изменяется во времени. За весь период синхронных наблюдений

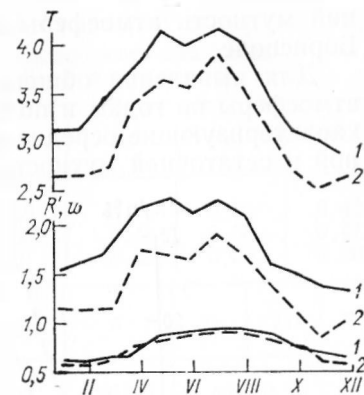


Рис. 63. Годовой ход фактора мутности  $T$  и его составляющих  $R'$  и  $\omega$ .  
1 — Киев, Багринова гора, 2 — Борисполь.

ний мутность атмосферы в Киеве всегда была больше, чем в Борисполе.

Для выявления общего тренда изменения прозрачности атмосферы по годам и по сезонам были рассчитаны параметры, характеризующие осредненную тенденцию изменения интегральной и остаточной мутности. Они показали, что увеличение мутности атмосферы в городе происходит быстрее, чем за его пределами. Интегральный фактор мутности  $T$  в городе увеличился в среднем на 15%, а его аэрозольная составляющая — на 30%. За тот же период  $T$  за городом повысился на 10%, а  $R'$  — на 23%. При рассмотрении средних сезонных значений характеристик прозрачности атмосферы выяснилось, что наиболее сильно эта тенденция проявляется осенью. В Киеве показатель  $T$  увеличился на 25%, а  $R'$  — на 61%. За этот же сезон в Борисполе факторы интегральной и аэрозольной мутности повысились заметно больше, чем в Киеве. Меньше всего возрастает мутность атмосферы зимой. В городе произошло увеличение  $T$  на 4%, а  $R'$  на 9%, а за городом — соответственно на 2 и 5%.

Наиболее заметно прозрачность атмосферы стала уменьшаться после 1962 г. Это подтверждается данными табл. 115. Так, до этого года отклонения  $\Delta T$  и  $\Delta R'$  для Киева были отрицательными, что характеризует тенденцию к снижению прозрачности атмосферы при различных направлениях ветра. Это связано с

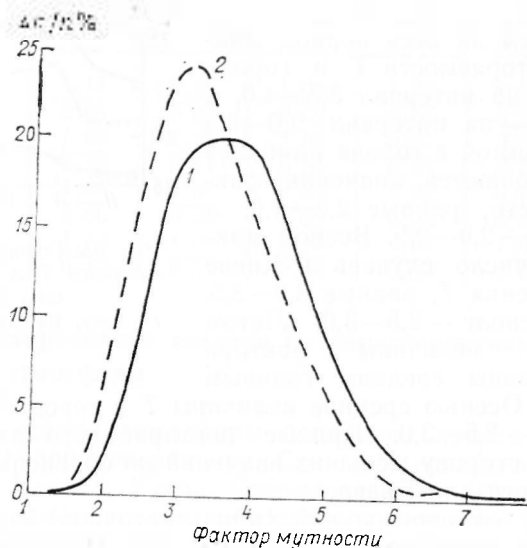


Рис. 64. Повторяемость различных значений фактора мутности ( $T$ ).

1 — Киев, Багринова гора, 2 — Борисполь.

Таблица 114

Разности между значениями фактора мутности для Киева (Багринова гора) и Борисполя

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	
$\Delta T$	0,49	0,48	0,69	0,33	0,45	0,42	
$\Delta R'$	0,40	0,47	0,66	0,43	0,58	0,41	
$\Delta w$	0,00	0,02	0,01	-0,03	0,00	0,00	
Характеристика	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\Delta T$	0,24	0,51	0,28	0,39	0,48	0,25	0,43
$\Delta R'$	0,33	0,48	0,22	0,34	0,42	0,30	0,40
$\Delta w$	0,00	0,01	0,03	-0,03	0,01	0,06	0,01

Таблица 115

Средние значения фактора мутности ( $T$  и  $R'$ ) за отдельные годы и отклонения (%) их от средних значений

Год	Борисполь				Киев, Багринова гора			
	$T$	$\Delta T$	$R'$	$\Delta R'$	$T$	$\Delta T$	$R'$	$\Delta R'$
1958	3,25	-3	1,46	-4	3,29	-13	1,55	-19
1959	3,11	-7	1,30	-14	3,24	-14	1,39	-28
1960	3,51	3	1,70	12	3,69	-2	1,85	-4
1961	3,45	5	1,62	7	3,54	-6	1,70	-12
1962	3,17	-5	1,34	-12	3,79	0	1,96	2
1963	3,06	-8	1,26	-17	3,85	2	1,98	3
1964	3,22	-4	1,39	-9	4,06	8	2,22	16
1965	3,27	-2	1,40	-8	3,58	-5	1,77	-8
1966	3,44	3	1,55	2	3,86	2	1,98	3
1967	3,42	2	1,58	4	3,82	1	1,99	4
1968	3,37	1	1,51	-1	3,98	3	2,10	9
1969	3,19	-4	1,40	-8	3,44	-6	1,64	-15
1970	3,73	12	1,91	26	4,33	15	2,44	27
1971	3,65	9	1,80	18	3,85	2	1,96	-2
1972	3,61	8	1,84	21	3,79	0	2,00	-4
1973	3,34	0	1,50	-1	3,69	-2	1,83	5
1974	3,50	5	1,74	14	4,23	12	2,40	-25
1975	3,50	5	1,61	6	3,95	5	2,10	-9
1976					4,00		2,19	

Для обеих станций наибольшие значения фактора мутности ( $T$  и  $R'$ ) наблюдались в 1970 г. Отклонения от средней составляли в городе 15% для  $\Delta T$  и 27% для  $\Delta R'$ , а за городом — 12% для  $\Delta T$ , 26% для  $\Delta R'$ .

Большой интерес представляет изучение прозрачности атмосферы при различных направлениях ветра. Это связано с

тем, что различным направлениям ветра могут соответствовать (в среднем) определенные типы погоды. Кроме того, это связано с пространственным распределением источников загрязнения по территории города и за городом. Были рассмотрены значения интегрального фактора мутности  $T$  в срок 12 ч 30 мин при различных направлениях ветра и штиле (табл. 116). В целом

Таблица 116

Полуденные значения фактора мутности  $T$  при различных направлениях ветра

Направление ветра	Зима		Весна		Лето		Осень		Год	
	Борисполье	Киев, Багринова гора	Борисполье	Киев, Багринова гора	Борисполье	Киев, Багринова гора	Борисполье	Киев, Багринова гора	Борисполье	Киев, Багринова гора
С	2,90	2,95	3,03	3,32	3,70	3,93	2,62	2,70	3,23	3,42
СВ	2,80	3,48	2,68	2,81	3,62	4,02	3,26	3,51	3,12	3,44
В	2,72	2,88	2,93	3,32	3,44	3,48	2,70	3,03	2,94	3,18
ЮВ	2,58	2,78	3,31	3,86	3,50	3,72	3,40	3,46	3,30	3,51
Ю	2,91	2,98	3,27	3,55	3,91	4,01	2,73	2,90	3,18	3,31
ЮЗ	2,47	2,62	3,42	3,52	4,75	4,84	3,32	3,89	3,34	3,44
З	2,38	2,56	2,97	3,25	3,91	4,01	2,92	3,06	3,03	3,20
СЗ	2,36	2,75	2,59	2,94	2,72	2,92	2,62	3,31	2,59	3,02
Штиль	3,12	3,99	3,36	3,78	4,65	4,24	2,76	2,99	3,28	3,60

за год, как и следовало ожидать, наибольшие значения мутности атмосферы наблюдались при штиле. Наименее прозрачный воздух наблюдался при юго-восточных и юго-западных ветрах, наиболее чистый — при восточных и северо-западных. В отдельные сезоны наибольшая мутность атмосферы (исключая штиль) приходится на ветры с южной составляющей, наименьшая — на северные ветры. Сравнение значений фактора мутности  $T$  в городе и за городом показывает, что наибольшие контрасты наблюдаются при ветрах северо-западного направления (в целом за год). Зимой наибольшие различия отмечаются при северо-восточных ветрах, весной, — при юго-восточных, летом — при северо-восточных, а осенью — при северо-западных. Таким образом, наибольшие различия в основном наблюдаются при ветрах с северной составляющей. Это, видимо, связано с особенностями расположения постов наблюдений и основных источников загрязнения в городе и за его пределами.

Проведенные исследования представляют собой сравнение результатов расчетов характеристик прозрачности атмосферы в большом городе и за городом, где расположен крупный аэропорт. Представляется, что если бы за городом можно было использовать наблюдения более «чистого» пункта, то аналогичные различия были бы значительно больше.

Несомненный интерес представляет определение прозрачности атмосферы в различных районах города. С этой целью вы-

полнены расчеты интегрального фактора мутности  $T$  и его составляющих  $\omega$  и  $R'$  для постов временной метеорологической сети (ВМС). Наблюдения на постах Березняки и Лесной массив производились на уровне тринадцатого и десятого этажей. Это было возможно выявить прирост прямой радиации примерно на 3%. Рассчитанные величины  $T$ ,  $\omega$ ,  $R'$  для постов ВМС сравнивались с аналогичными величинами, полученными по данным радиометрических наблюдений метеостанции Киев, Багринова гора (табл. 117). На территории города отмечаются опреде-

Таблица 117

Средние значения фактора мутности ( $T$ ,  $\omega$ ,  $R'$ )

Станция, пост	Период наблюдений	Число случаев	$T$	$\omega$	$R'$
Киев, Пушча-Водица	Июнь—июль 1975 г.	17	3,55	0,94	1,61
			4,13	0,95	2,18
Киев, Багринова гора	Июнь—июль 1975 г.	17	-14,0	-1,0	-26,1
$\Delta\%$			3,95	0,87	2,08
ул. Красоткацкая	Октябрь 1975 г. — август 1976 г.	72	3,61	0,84	1,77
Киев, Багринова гора			9,4	3,6	17,5
ул. Александра Довженко	Октябрь — декабрь 1975 г.	28	2,96	0,64	1,32
$\Delta\%$			2,89	0,71	1,18
Киев, Багринова гора	Октябрь 1975 г. — апрель 1976 г.	38	2,4	-9,8	11,9
$\Delta\%$			3,53	0,69	1,84
Киев, обсерватория	Октябрь 1975 г. — апрель 1976 г.	38	3,62	0,70	1,92
$\Delta\%$			-2,5	-1,4	-4,2
Киев, Багринова гора	Октябрь — ноябрь 1976 г.	30	4,32	0,67	2,65
$\Delta\%$			3,59	0,67	1,93
ул. Красоткацкая	Октябрь 1975 г. — июнь 1976 г.	10	20,3	0,0	37,8
Киев, Багринова гора			3,13	0,60	1,53
Березняки	Февраль — март 1976 г.	10	3,51	0,59	1,92
$\Delta\%$			-10,8	1,7	-20,3
Киев, Багринова гора	Апрель — сентябрь 1976 г.	31	4,10	0,92	2,18
$\Delta\%$			4,13	0,90	2,23
Лесной массив	Июль — октябрь 1976 г.	21	-0,7	2,2	-2,2
$\Delta\%$			4,41	0,94	2,47
Гвардиарк	Июль — октябрь 1976 г.	21	4,53	0,87	2,66
$\Delta\%$			-2,6	0,8	-7,1

Примечание.  $\Delta$  (%) — отношение разностей между значением фактора мутности на посту ВМС и на опорной станции (Киев, Багринова гора) к значению на опорной станции.

ленные различия в прозрачности атмосферы. Так, в Пушче-Водице, где интегральный фактор мутности  $T$  был на 14%, а  $R'$  — на 26% меньше, в то время как на посту ул. Красоткацкая (Парища)  $T$  оказался на 20%, а  $R'$  — на 38% больше, чем на станции Киев, Багринова гора. Незначительные различия в ту или другую сторону наблюдались на остальных постах наблюдений. В большинстве случаев в утренние сроки отмечались меньшие различия в прозрачности атмосферы, чем в дневные.



Это, очевидно, можно объяснить слабым развитием турбулентного обмена между подстилающей поверхностью и атмосферой. Этому же способствует и режим работы промышленных предприятий и городского транспорта. Следует отметить, что наибольшая прозрачность воздуха наблюдалась в Пуше-Водне, а наименьшая — во все месяцы в районе ул. Красоткацкая.

Рассмотренные в данном разделе результаты исследований свидетельствуют о наличии в пределах крупных городов особых условий притока солнечной радиации к уровню подстилающей поверхности или, другими словами, к уровню жизнедеятельности человека. Кроме того, подобные разработки можно рассматривать как косвенный метод оценки влияния большого города на степень чистоты атмосферы.

Полученные данные могут служить дополнительным фактическим материалом при изучении атмосферных загрязнений. Их необходимо учитывать градостроителям и гигиенистам.

## 10. НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ ГОРОДА

### 10.1 Влияние климатических условий на работу отдельных отраслей городского хозяйства

Городское хозяйство представляет собой единый многоотраслевой производственно-хозяйственный комплекс, компоненты которого тесно связаны как между собой, так и с объектами, находящимися вне города. Характерной особенностью большинства отраслей городского хозяйства является зависимость их от условий внешней среды и, в частности, погодных условий.

Наиболее ярко эта зависимость проявляется в энергетике, о чем свидетельствует наличие четко выраженных сезонных волн в годовом ходе электро-, тепло- и газопотребления, а также линейная зависимость энергопотребления от температуры воздуха (рис. 65). Потребление электроэнергии в городе непре-

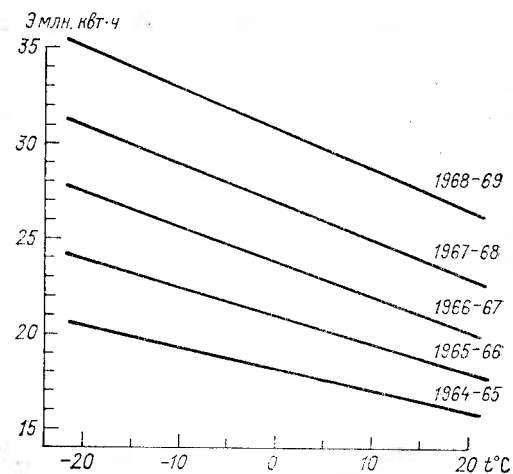


Рис. 65. Зависимость суточного потребления электроэнергии (Э) в энергосистеме Киевэнерго от средней суточной температуры наружного воздуха (°C). 1964—1969 гг.

ривно возрастает, увеличиваясь как по общему уровню потребления, так и по амплитуде сезонных колебаний, определяемых главным образом годовым ходом температуры воздуха. При этом влияние температуры со временем все увеличивается, что

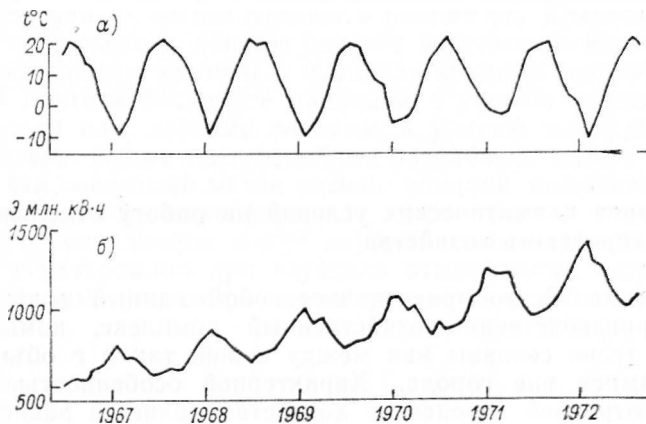


Рис. 66. Колебания средней месячной температуры наружного воздуха (а) и месячного потребления электроэнергии (б) в энергосистеме Киевэнерго.

проявляется в росте по годам (рис. 66) крутизны линий связи  $\mathcal{E} = f(t)$ , описываемых уравнением

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 - K(28 - t), \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_0$  — экспоненциально возрастающий средний годовой уровень электропотребления, характеризующий средний энергетический потенциал городского хозяйства;  $t$  — температура воздуха;  $K$  — постоянно растущий со временем коэффициент пропорциональности, характеризующий увеличение энергопотребления. Общая динамика энергопотребления во времени описывается выражением вида:

$$\mathcal{E}(L) = \mathcal{E}_0 e^{BL} + A_0 e^{CL} \sin \frac{\pi L}{6}, \quad (8)$$

где  $\mathcal{E}_0$  — средний годовой уровень электропотребления в некоторый начальный момент;  $L$  — время (в месяцах), отсчитываемое от этого момента;  $B$  и  $C$  — коэффициенты пропорциональности.

Кроме температуры, на потребление различных видов энергии и топлива существенно влияют такие климатические характеристики, как длительность периода с устойчивыми морозами, даты перехода температуры воздуха через определен-

ные пределы (0 или 5°C), ветровой режим, облачность, осадки и др.

Как показали исследования различных видов энергопотребления в Киеве, снижение температуры воздуха на 1°C приводит к увеличению потребления электроэнергии на 0,6—0,8%, газа — на 1%, тепла — на 1,2%, причем при температуре ниже —20°C это увеличение энергопотребления резко возрастает. Изменение температуры воздуха приводит к колебанию начала и конца отопительного периода (рис. 67). Это отражается на потребности города в топливе.

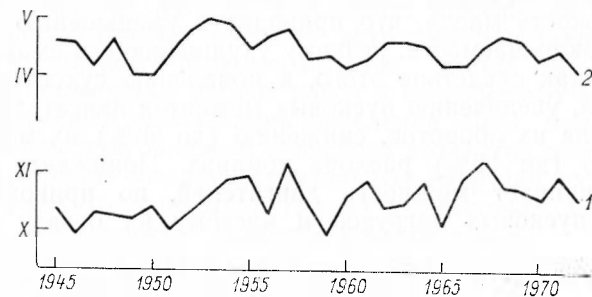


Рис. 67. Изменение дат начала (1) и конца (2) отопительного сезона.

К существенному увеличению потребления энергии (особенно тепловой) приводит ветер, увеличение скорости которого на 1 м/с в интервале от 5 до 10 м/с эквивалентно понижению температуры воздуха на 3,5—4°C. При температуре воздуха, равной —20°C, и скорости ветра 15 м/с теплопотери стен на 25% выше, чем при температуре —40°C и скорости ветра 5 м/с, что свидетельствует о нелинейном увеличении теплопотерь с ростом скорости ветра.

Увеличение потребления энергии приводит к ее дефициту и, как следствие, к недодаче энергии промышленным предприятиям и большим экономическим потерям, которые составляют от 1 до 7 тыс. руб. на 1000 м<sup>3</sup> недоотпущенного газа, от 0,2 до 1,5 тыс. руб. на каждые 1000 кВт·ч недоотпущенной электроэнергии и т. д. Этот дефицит наблюдается, как правило, в холодный период года, на который в среднем приходится около 70% годового энергопотребления, причем в отдельные годы в зависимости от метеорологических условий эта доля может колебаться от 60 до 80%.

Погодные условия не только влияют на количество потребляемой энергии, но и оказывают существенное воздействие на сами объекты, производящие, передающие и использующие энергию. Так, температура и влажность воздуха, а также температура питательной и охлаждающей конденсаторы воды

вливают на КПД котлов и турбин теплоэлектростанций; состояние и динамика приземного слоя атмосферы во многом определяют весьма существенные потери энергии в линиях электропередачи, а такие явления, как обильные снегопады, гололед и сильный порывистый ветер оказывают заметное влияние на надежность этих линий, а, значит, и на надежность энергоснабжения потребителей.

Большое влияние погодные факторы оказывают на работу городского транспорта. К числу таких факторов относятся прежде всего температура воздуха и осадки. Так, при эксплуатации автотранспорта при пониженной температуре повышается вязкость масла, что приводит к уменьшению его текучести и прокачиваемости, резкому ухудшению его смазывающих свойств и, как следствие этого, к появлению сухого и полусухого трения, увеличению пусковых моментов двигателей, уменьшению числа их оборотов, снижению (до 50%) их мощности и увеличению (до 10%) расхода топлива. Понижение температуры увеличивает мощность двигателей, но приводит к повышению пусковых нагрузок и частому их отказу в момент пуска.

Повышение температуры до 20°C и выше также ухудшает показатели работы двигателей, уменьшает (до 30%) их мощность и увеличивает непроизводительные простои из-за перегрева. Кроме того, способствует быстрому износу шин и старению всех резиновых и пластмассовых частей и лакокрасочных покрытий. Резкие колебания температуры и высокая влажность, особенно при наличии в атмосфере различных загрязняющих примесей, приводят к интенсивной коррозии металла. Скорость такой атмосферной коррозии резко возрастает при относительной влажности 60—70%. При наличии в воздухе вредных примесей, например, сернистого газа, коррозия начинается при влажности 10—15%. Наибольшей интенсивности коррозия достигает при температуре, близкой к 0°C, что связано с возникновением при этой температуре на поверхности металлов обильной жидкой пленки и наличием в ней множества растворенных солей и коррозионно-активных газов.

Обильные дожди (более 8 мм за 12 ч) приводят к затоплению и размыву отдельных участков дороги, вследствие чего на них прекращается движение и требуется проведение весьма дорогостоящих ремонтно-восстановительных работ; сильные снегопады могут на значительные для жизни города промежутки времени (от нескольких часов до 1—2 суток) полностью парализовать движение городского транспорта или резко (в случае тумана или гололеда) снизить его интенсивность.

Погодные условия оказывают также существенное влияние на сохранение и сбыт овощей, фруктов и других видов продуктов, торговлю промышленными товарами, на состояние и здоровье человеческого организма и т. д.

Из приведенных примеров следует, что информация о средних многолетних и наблюдаемых характеристиках погоды и климата, определяющих сроки начала и конца отдельных сезонов, представляют значительный практический интерес и должны учитываться в планировании и управлении многих отраслей городского хозяйства. Наряду с отрицательным воздействием можно указать и положительные моменты влияния на хозяйственную деятельность человека различных метеоэлементов и их сочетаний. Так, ветер, который улучшает вентиляцию зданий, уносит вредные примеси с улиц городов и в жаркое время года приятно охлаждает помещения, при больших скоростях создает опасные ветровые нагрузки, а зимой приводит к сильному переохлаждению зданий и установок, затрудняет проведение многих работ и способствует увеличению числа простудных заболеваний населения. Снег, будучи благоприятным для пригородного сельского хозяйства и зеленых насаждений города, создает значительные нагрузки на покрытия, образует снежные заносы на улицах и площадях, мешает проведение строительных и ремонтных работ и т. д.

Приведенные и многие другие аналогичные примеры свидетельствуют о необходимости при проектировании городов и планировании работы городского хозяйства учитывать климатические особенности района.

Весьма важным, с точки зрения влияния на хозяйственную и социальную жизнь города, являются не только отдельные метеоэлементы, но и их сочетания. Так, сильный ветер в сочетании с осадками порождает косые дожди, которые интенсивно смачивают стены зданий, приводят к их более быстрому старению и разрушению. Очень неблагоприятно влияют сильные ветры в комплексе с низкими и высокими температурами, низкие и высокие температуры с большой влажностью воздуха и т. д. Поэтому для организации и планирования городского хозяйства очень важно знать не только статистические и вероятностные характеристики отдельных метеоэлементов, но и характеристики, определяющие комплексы этих элементов, для расчета которых разработаны специальные методы и приемы [49].

## 10.2. О роли радиационного фактора в тепловом режиме зданий

Расчет показателей теплового режима зданий проводился согласно теории стационарного теплового режима с учетом влияния температуры наружного воздуха, ветра и лучистой энергии, предложенной Л. Е. Анапольской и Л. С. Гандиным [7]. В качестве исходного материала были использованы данные по температуре воздуха и скорости ветра опорной метеостанции Киев, обсерватория и результаты наблюдений суммарной, пря-

мой, рассеянной и отраженной радиации станции Киев, Багринова гора за период 1952—1975 гг. Расчеты выполнены для восточной, северной и южной ориентаций зданий, находящихся в условиях плотной застройки (учитывалась половина поступающей на стены радиации) и отдельно стоящего здания (учитывалась вся поступающая радиация).

Конструктивные параметры здания следующие: термическое сопротивление  $R$ , осредненное по всей поверхности ограждения, принято стандартным, средний коэффициент воздухопроницаемости  $\gamma = 0,20$  с/м, относительная площадь окон  $\sigma_0 = 0,3$ , коэффициент пропускания окнами коротковолновой радиации  $\varepsilon_0 = 0,67$ , температура внутреннего воздуха  $t_b = 18^\circ\text{C}$ .

В качестве основных показателей теплового режима зданий рассмотрены эффективная температура  $t_{\text{эфф}}$ , дефицит тепла  $\Delta t_{\text{эфф}}$  и средние удельные теплотери и теплопоступления  $\nu$  [7].

Эффективная температура — это такая температура наружного воздуха, при которой в условиях штиля и при отсутствии коротковолновой радиации здание имело бы такие же теплотери, какие имеют место при данных температурах наружного воздуха, данной скорости ветра и данном значении потока суммарной радиации. Общий вид выражения эффективной температуры:

$$t_{\text{эфф}} = t_n - \sigma_0 \frac{R}{R_0} [A(\gamma v) - 1] (t_b - t_n) + \sigma_0 \varepsilon_0 R I + R \nu', \quad (9)$$

где  $t_n$  — температура наружного воздуха;  $R_0$  — термическое сопротивление окон;  $A$  — функция скорости ветра  $v$  и коэффициента воздухопроницаемости;  $I$  — суммарная солнечная радиация, падающая на вертикальную поверхность.

Второй член правой части выражения (9) представляет собой теплообмен, обусловленный воздухообменом  $\Delta t_v$ . Разность температур наружного и внутреннего воздуха ( $t_b - t_n$ ) — это кондуктивный теплообмен, обусловленный теплопроводностью материала,  $\Delta t$ . Третий член правой части представляет собой лучистый теплообмен  $\Delta t_p$ . Четвертый член  $R\nu'$ , означающий внутренние тепловыделения, при рассмотрении этого вопроса не учитывался. Наглядное представление о смысле эффективной температуры может дать рис. 68, где приведены значения  $t_{\text{эфф}}$ , вычисленные для января и июля применительно к ограждению восточной ориентации. Там же для сравнения даны величины фактической температуры наружного воздуха  $t_n$  за эти же месяцы. Видно, что во все годы  $t_{\text{эфф}}$  выше  $t_n$ , что свидетельствует о преобладании радиационного фактора над ветровым в условиях Киева.

В январе различия между  $t_{\text{эфф}}$  и  $t_n$  небольшие, во-первых, из-за того, что влияние радиации в это время невелико, а, во-вторых, оно перекрывается влиянием ветра. Роль радиационного

фактора в значениях  $t_{\text{эфф}}$  особенно ярко проявляется в летний сезон. Из рис. 68 видно, что в июле  $t_{\text{эфф}}$  примерно на  $10^\circ\text{C}$  выше  $t_n$ . При этом переход от половинного значения суммарной радиации к его полному значению сравнительно слабо сказывается на величине  $t_{\text{эфф}}$  в зимний сезон и весьма существенно (примерно на  $10^\circ\text{C}$ ) в летний.

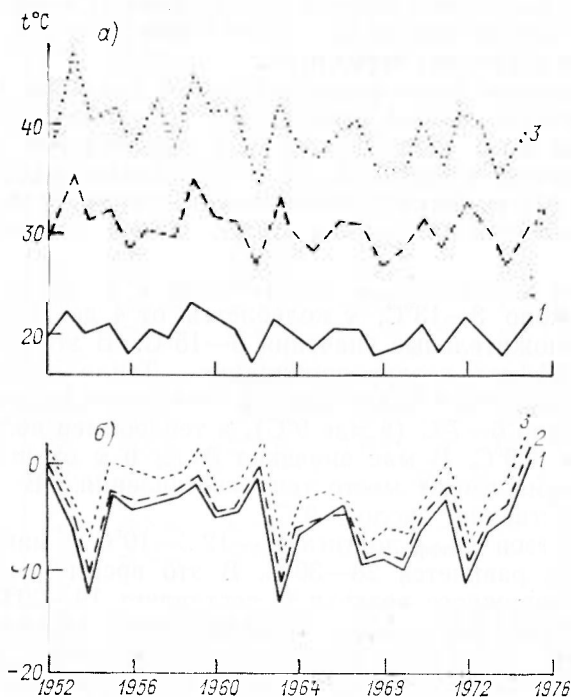


Рис. 68. Фактическая температура наружного воздуха (1) и эффективная температура при половинной (2) и всей (3) суммарной радиации.  
а — июль, б — январь.

Дефицит тепла представляет собой недостаток эффективного тепла по отношению к расчетной  $t_b$  в холодный период года и избыток его — в летние месяцы.

$$\Delta t_{\text{эфф}} = 18 - t_{\text{эфф}}. \quad (10)$$

Выражение дефицита тепла, учитывающее совместные действия трех механизмов теплообмена, имеет вид

$$\Delta t_{\text{эфф}} = \Delta t + \Delta t_v - \Delta t_p. \quad (11)$$

А средние удельные теплотери и тепlopоступления представляют собой

$$\nu = \frac{\Delta t_{\text{эфф}}}{K} \quad (12)$$

Показатели теплового режима зданий в годовом разрезе для двух режимов радиации (половинного и полного) представлены в табл. 118. Средний ход  $\Delta t_{\text{эфф}}$  соответствует ходу  $\nu$  и дважды в течение года переходит через нуль.

При половинном учете радиации зимой удельные теплотери ограждений восточной ориентации  $\nu$  составляют 23—26°C, дефицит тепла  $\Delta t_{\text{эфф}}$  равен 20—23°C, а эффективная температура  $t_{\text{эфф}}$  находится в пределах —2...—5°C. Теплообмен воздухопроницанием  $\Delta t_p$  и радиационные тепlopоступления  $\Delta t_p$  почти одинаковы, они уравнивают друг друга и составляют 1—3°C.

В весенние месяцы  $\Delta t_{\text{эфф}}$  уменьшается и в марте—апреле составляет около 3—13°C,  $\nu$  колеблется от 4 до 15°C, а  $t_{\text{эфф}}$  принимает положительные значения 5—15°C. В это время  $\Delta t_p$  превосходит эффект воздухопроницания. Тепло, получаемое ограждением восточной ориентации за счет солнечной радиации, составляет около 6—7°C (в мае 9°C), а теплообмен воздухопроницанием 0,4—0,9°C. В мае значения  $\Delta t_{\text{эфф}}$  и  $\nu$  отрицательны, т. е. в это время имеют место тепlopоступления. В среднем  $\Delta t_{\text{эфф}}$  в мае составляет около —6°C.

В летний сезон  $\Delta t_{\text{эфф}}$  достигает —12...—10°C с максимумом в июле, а  $t_{\text{эфф}}$  равняется 28—30°C. В это время фактическая температура наружного воздуха  $t_n$  составляет 19—20°C. Такая большая разница между  $t_{\text{эфф}}$  и  $t_n$  объясняется преимущественным влиянием солнечной радиации;  $\Delta t_p$  достигает в летнее время 9—10°C. Тепло, уносимое за счет воздухопроницания, практически отсутствует.

Осенью тепlopоступления уменьшаются; в октябре, а на северных стенах в сентябре имеют место теплотери,  $\Delta t_{\text{эфф}}$  и  $\nu$  положительны. Радиационные тепlopоступления осенью уменьшаются до 2°C, а воздухообмен составляет 0,1—0,7°C.

Радиационный фактор выявляется особенно четко при сопоставлении показателей теплового режима зданий с учетом половины поступающей радиации и всей радиации. В табл. 119, составленной в дополнение к табл. 118, представлены разности в значениях  $\nu$  и  $\Delta t_{\text{эфф}}$  между двумя этими вариантами. Положительные разности означают различия в теплотерях, а отрицательные — в тепlopоступлениях.

Из данных таблицы видно, что зимой и осенью теплотери, рассчитанные с учетом всей поступающей радиации в среднем на 2—4°C меньше теплотери, рассчитанных с учетом половины радиации. Весной это различие составляет 7—8°C. В период

Таблица 118  
Средние значения показателей теплового режима зданий (град.)

Ориентация стен	При половинном учете радиации											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	—4,7	—2,2	5,2	15,0	24,0	29,0	32,2	27,5	20,4	1,6	—1,6
	$\nu$	—5,5	—1,5	2,7	11,5	20,1	28,2	32,1	28,2	16,4	9,6	—2,1
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	—2,2	0,3	8,2	16,3	21,4	27,6	29,2	28,6	23,4	15,0	3,4
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	22,7	20,2	12,8	3,0	—6,0	—11,0	—12,3	—9,6	—2,4	6,4	15,2
	$\nu$	23,5	21,5	15,3	6,5	—2,2	—6,9	—8,1	—5,2	1,6	8,4	16,0
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	20,2	17,4	9,8	1,7	—5,8	—9,6	—11,1	—10,6	—3,4	3,0	13,6
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	2,0	3,4	6,3	7,1	9,3	10,2	10,2	8,6	6,7	3,8	1,8
	$\nu$	1,2	2,1	3,8	3,6	5,5	6,1	6,0	4,2	2,7	1,8	1,0
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	4,5	5,8	9,3	8,4	9,1	8,8	9,1	9,6	9,7	7,2	3,4
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	1,1	1,1	0,9	0,4	0,1	0	0	0	0,1	0,3	0,7
	$\nu$	23,6	22,5	18,2	8,7	3,2	—0,8	—2,1	—1,0	4,2	9,9	16,3
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	26,1	23,5	14,9	3,5	—7,0	—12,8	—14,3	—11,1	—2,8	7,4	17,7
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	27,4	23,0	17,8	7,6	—2,6	—8,0	—9,4	—6,1	1,9	9,8	18,6
	$\nu$	24,5	20,7	11,3	2,0	—6,8	—11,1	—13,0	—12,3	—6,3	3,5	15,8
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	5,4	3,3	2,3	2,4	5,0	6,2	2,2	1,7	2,1	1,6	2,2
Восток Север Юг	$t_{\text{эфф}}$	3,5	3,4	2,7	2,2	5,0	6,1	1,9	1,4	1,8	1,5	2,2
	$\nu$	3,0	3,0	2,8	2,6	5,0	6,2	2,1	1,7	2,2	2,0	2,4
	$\Delta t_{\text{эфф}}$	19,5	20,1	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2

Ориентация стен	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\sigma\%$												
Восток	15,0	16,3	21,1	75,0	100	63,0	17,9	17,7	88,0	25,0	14,5	11,7
Север	14,8	15,8	17,6	34,0	—	—	23,5	27,5	—	17,9	13,7	11,4
Юг	14,8	16,8	28,6	—	—	74,0	18,7	16,0	49,9	66,6	17,6	11,6
При всей поступающей радиации												
$t_{эфф}$												
Восток	-2,5	1,1	11,5	22,1	33,3	39,2	40,6	36,2	27,2	15,4	4,4	-0,1
Север	-4,2	-1,4	6,5	15,2	25,6	31,0	32,1	27,5	19,1	11,5	3,0	-1,2
Юг	2,4	6,0	17,4	24,7	32,9	36,4	33,4	33,2	33,2	22,3	7,8	2,5
$\Delta t_{эфф}$												
Восток	20,5	16,9	6,5	-4,1	-15,3	-21,2	-22,6	-18,2	-9,2	2,6	13,6	-18,1
Север	22,2	19,4	11,5	2,8	-7,6	-12,0	-14,1	-9,5	-1,1	6,5	15,0	19,1
Юг	15,6	12,0	0,6	-6,7	-14,9	-18,4	-20,4	-20,2	-15,2	-4,3	10,2	15,5
$\Delta t_p$												
Восток	4,2	6,7	12,6	14,2	18,6	20,4	20,5	17,2	13,5	7,6	3,4	2,9
Север	2,5	4,2	7,6	7,3	10,9	12,2	12,0	8,5	5,4	3,7	2,0	1,8
Юг	9,1	11,6	18,5	16,8	18,2	17,6	18,3	19,2	19,5	14,5	6,8	5,5
$\sigma$												
Восток	3,1	2,9	3,1	3,5	5,2	6,7	2,9	2,3	2,5	2,0	2,1	2,1
Север	3,3	3,2	2,6	2,5	5,1	6,3	2,3	1,7	2,0	1,6	2,1	2,2
Юг	3,0	3,0	3,7	3,9	5,2	6,6	2,8	2,4	2,9	3,0	3,0	2,1
$\sigma\%$												
Восток	15,1	17,2	48,0	95,0	36,3	33,5	12,8	12,6	27,0	77,0	15,4	11,6
Север	14,9	16,5	22,6	83,5	77,5	53,5	16,3	17,9	—	24,7	14,0	11,4
Юг	19,2	25,0	—	64,0	37,5	38,4	13,7	11,9	19,1	70,0	29,4	13,5

Ориентация стен	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$v$												
Восток	23,8	19,7	7,6	-4,8	-17,8	-24,7	-26,3	-21,2	-10,7	3,0	15,8	21,1
Север	25,8	22,6	13,4	3,3	-8,8	-15,2	-16,4	-11,0	-1,3	7,6	17,5	22,3
Юг	18,2	13,9	0,7	-7,8	-17,4	-21,4	-23,8	-23,5	-17,7	-5,1	11,9	18,0
При минимальной температуре наружного воздуха ( $t_{н мин}$ ). Восточная стена												
$t_{н мин}$	-18,8	-17,3	-11,5	-1,8	3,2	8,5	10,6	8,8	2,8	-2,7	-8,5	-14,5
$t_{эфф}$	-20,7	-19,6	-12,8	-3,0	2,5	8,0	10,3	8,3	2,4	-3,4	-9,8	-16,3
$\Delta t_{эфф}$	38,7	37,6	30,8	21,0	15,5	10,0	7,7	9,7	15,6	21,4	27,8	34,3

Таблица 119

Разности в показателях теплового режима зданий при половине поступающей радиации и всей радиации (град.)

Ориентация стен	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$v$												
Восток	2,6	3,8	7,3	8,3	-10,8	-11,9	-12,0	-10,1	-7,9	4,4	1,9	1,7
Север	1,7	2,4	4,4	4,3	-6,2	-7,2	-7,0	-4,9	3,2	2,2	1,1	1,2
Юг	5,3	6,8	10,6	9,8	-10,6	-10,3	-10,8	-11,2	-11,4	8,5	3,9	3,2
$\Delta t_{эфф}$												
Восток	2,2	3,3	6,3	7,1	-9,3	-10,2	-10,3	-8,6	-6,8	3,8	1,6	1,5
Север	1,3	2,1	3,8	3,7	-5,4	-6,1	-6,0	-4,3	2,7	1,9	1,0	0,9
Юг	4,6	5,8	9,2	8,4	-9,1	-8,8	-9,2	-9,6	-9,8	7,3	3,4	2,7

с мая по сентябрь теплоступления от полной радиации на 8—12°C выше, чем от половинной радиации. Причем в холодный период года различия в теплотерях особенно заметны на южных стенах (4—11°C), с мая по июль различия в теплоступлениях больше на восточных стенах, что связано с количеством поступающей радиации и эффективной температурой, которая в этот период на восточных стенах выше, чем на южных. Приведенные данные свидетельствуют о том, что в холодный период года условия плотной застройки неблагоприятно сказываются на тепловом режиме зданий. С другой стороны, хорошо прогреваемое солнечными лучами отдельно стоящее здание требует проведения мероприятий по снижению перегрева в летнее время.

Озеленение, обводнение прилегающих к жилым зданиям участков, оптимальная ориентация зданий и улиц, солнцезащита, проветривание, оптимальная высота помещений, применение теплоустойчивых конструкций и другие естественные средства защиты могут снизить перепад температуры между внешней и внутренней средой в летнее время на 8—12°C. Из всей совокупности средств для условий Киева необходимо выбрать такие, которые позволили бы уменьшить перегрев зданий в летнее время и обеспечили бы достаточное прогревание их солнечными лучами в холодное время года. Рассмотрим, как влияет ориентация ограждения на его тепловой режим. Расчеты показывают (табл. 118), что южные стены прогреваются больше, чем восточные и северные. Зимой различие в  $t_{эфф}$  между северной и южной стенами достигает 2—4°C, весной и осенью — 2—5°C, летом — 2—6°C. Различия в  $t_{эфф}$  между южной и восточной стенами меньше, но отчетливо видно, что в целом южные стены прогреваются больше восточных. Лишь в период с мая по июль южные стены получают несколько меньше тепла по сравнению с восточными, что объясняется сравнительно небольшой продолжительностью облучения южных стен и меньшим углом падения солнечных лучей в это время. Таким образом, южная сторона зданий больше прогревается в холодный период и меньше получает тепла в жаркое время года. Поэтому из числа рассмотренных ориентаций она может считаться оптимальной. Это подтверждается и данными по продолжительности отопительного периода, рассчитанными для стен разной ориентации в двух режимах радиации — половинной и полной, представленных в табл. 120. Переход от отрицательных значений  $\nu$  (теплоступления) к положительным (теплотери) соответствует времени начала отопительного периода, а от положительных  $\nu$  к отрицательным — времени конца отопительного периода. Разность между этими сроками представляет собой среднюю продолжительность отопительного периода.

Как видно из данных табл. 120, южные стены требуют меньшей продолжительности отопительного периода по сравнению с восточными и северными. Различия в продолжитель-

Таблица 120

Средняя продолжительность отопительного периода (месяц) в зависимости от количества поступающей на стены радиации

Радиация	Ориентация стен		
	восток	север	юг
Половина радиации	7,1	8	6,5
Вся радиация	6	7,2	4,8

ности отопительного периода более заметны в случае учета полной радиации и составляют 1,2—2,1 месяца.

При уменьшении поступающей на стены радиации вдвое продолжительность отопительного периода возрастает на 1—2 месяца. Данные табл. 120 подтверждают вывод о благоприятном для холодного времени года строительстве более открытых зданий.

Изменение  $\Delta t_{эфф}$ ,  $\nu$  и  $\Delta t$  в холодный период подтверждают установленный в [7] факт, что теплотери, рассчитанные с учетом ветра и радиации, меньше величины кондуктивных теплотерей, определенных только по температуре наружного воздуха. Различие в целом за холодный период составляет около 22%, в отдельные зимние месяцы оно невелико — 3—10%.

Существенны различия между  $\Delta t_{эфф}$  и  $\Delta t$  в переходные месяцы весны и осени — марте, апреле, октябре (30—67%). Этот факт указывает на существование возможности экономии топлива в тех отопительных системах города, в которых при отоплении ориентируются лишь на температуру наружного воздуха. Анализ данных табл. 118 показывает, что вклад радиационных теплоступлений весной составляет 6—8°C при сравнительно небольшом воздухопроницании. Пренебрежение такими величинами тепла ведет к перерасходу топлива.

С другой стороны, в летний сезон значения  $\Delta t_{эфф}$  значительно больше, чем  $\Delta t$ , а переход от положительных значений к отрицательным осуществляется на месяц раньше весной и месяц позже осенью. Это свидетельствует о том, что реальный перегрев зданий в летнее время гораздо сильнее, чем если судить о нем только по температуре наружного воздуха. Это необходимо иметь в виду при планировании потребности в кондиционирующих и вентиляционных устройствах, а также при разработке мер по снижению перегрева зданий.

Влияние солнечной радиации на теплотери и теплоступления, выраженные через дефицит тепла  $\Delta t_{эфф}$ , показано на рис. 69. При этом теплотери ограждений увеличиваются пропорционально увеличению  $\Delta t_{эфф}$ . На рисунке видно совместное влияние солнечной радиации и температуры наружного воздуха на  $\Delta t_{эфф}$ . По этому рисунку можно, не рассчитывая  $\Delta t_{эфф}$  по

приводимым выше формулам (9)—(11), оценить средние его значения для Киева, зная величины месячной суммарной радиации на горизонтальную поверхность  $Q$  и температуру наружного воздуха при исходных характеристиках параметров ограждений. По этому же рисунку можно установить наиболее невыгодное сочетание основных внешних климатических факторов для зимнего и летнего сезонов в двух режимах радиации.

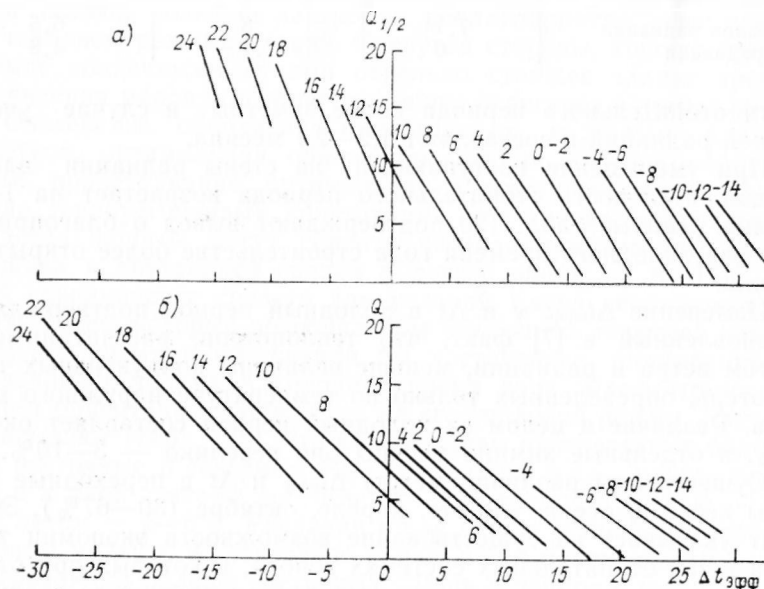


Рис. 69. Влияние половинной (а) и всей (б) суммарной радиации ( $Q_{1/2}$ ,  $Q$ ) на теплотери ограждений и теплоступления ( $\Delta t_{эфф}$ ) при различных температурах воздуха.

Межгодовая изменчивость  $\Delta t_{эфф}$  и  $t_{эфф}$  характеризуется средним квадратическим отклонением ( $\sigma$ ). Большие значения  $\sigma$  свидетельствуют о неустойчивом характере теплового режима зданий. В общем  $\sigma$  имеет довольно высокие значения и это необходимо учитывать при планировании расходов топлива. Так, согласно [8], относительное изменение необходимых затрат топлива вследствие изменившихся метеорологических условий равно относительному изменению  $\Delta t_{эфф}$ . Для Киева изменчивость расхода условного топлива меняется от 4 до 9 тыс. т.

Величину  $\sigma$  в значительной степени определяет изменчивость суммарной радиации. Максимальные  $\sigma$  отмечаются на южных стенах именно вследствие большой изменчивости суммарной радиации. На северных стенах  $\sigma$  формируется в основном вследствие изменчивости температуры воздуха. В годовом ходе наибольшие значения  $\sigma$  приходится на весенний сезон, когда

возрастает роль радиационного фактора и его изменчивость. В зимние месяцы  $\sigma$  существенно меньше вследствие того, что в это время основной вклад в нее вносит изменчивость температуры воздуха [13].

Кроме перечисленных характеристик, в табл. 118 представлены также показатели теплового режима зданий в условиях минимальной температуры воздуха и при отсутствии радиации. Именно, сопоставляя  $\Delta t_{эфф}$  в условиях лучистого теплообмена (полного или половинного) и при его отсутствии, можно оценить роль радиационного фактора. Характерно, что при отсутствии радиации в предутренние часы суток значения  $\Delta t_{эфф}$  во все месяцы года положительны, т. е. существует недостаток тепла по отношению к расчетной  $t_{в}$ . Значения  $\Delta t_{эфф}$  при отсутствии радиации значительно больше соответствующих значений при ее наличии. Это говорит о неблагоприятных условиях эксплуатации зданий, особенно в холодное время года.

Подводя итог всему вышесказанному, отметим следующее.

Киев по своему географическому положению находится в условиях, где влияние солнечной радиации на тепловой режим зданий значительно превосходит влияние ветра. Этот факт необходимо учитывать в строительной практике. Влияние лучистого теплообмена проявляется в основных показателях теплового режима ограждений различной ориентации и их межгодовой изменчивости, средней продолжительности отопительного периода, плотности застройки.

Проведенные расчеты показывают, что учет радиационного фактора в холодный период года во время работы систем отопления позволит сэкономить расходы топлива, особенно в весенние месяцы, и сократить отопительный период. Летом учет лучистого теплообмена позволит правильнее оценить реальный перегрев зданий с тем, чтобы рациональнее планировать кондиционирующие и вентилирующие устройства.

При разработке мер естественной защиты зданий необходимо планировать такие средства, которые способствовали бы меньшему перегреву зданий в летнее время и лучшему их прогреву в холодный период года. Условия плотной городской застройки неблагоприятно сказываются на тепловом режиме зданий. Из трех рассмотренных ориентаций ограждений оптимальной по тепловому режиму является южная.

Учет радиационного фактора позволит строительным и планирующим городское хозяйство организациям более полно использовать климатические ресурсы местности.

### 10.3. Биоклиматическая характеристика города

В настоящее время особое внимание уделяется исследованиям, связанным с оценкой влияния климатических факторов на состояние человека. Вызвано это прежде всего резкими колеба-



ниями погоды, оказывающими неблагоприятное воздействие на человеческий организм. Не менее важное значение имеют наблюдающиеся изменения климата под влиянием деятельности людей (так называемые антропогенные факторы), приводящие в отдельных случаях к нежелательным последствиям.

Методы оценки комплексного влияния метеорологических факторов на состояние человека весьма разнообразны. Среди них различают эмпирические подходы, предусматривающие разработку температурных шкал и индексов, физическое моделирование, связанное с разработкой специальных приборов и оборудования (камер искусственного климата), и физико-теоретические исследования, основанные на анализе уравнения теплового баланса человека [4].

Тепловое состояние человека определяется комплексом метеорологических и физиологических факторов. К метеорологическим факторам, наиболее существенно влияющим на тепловой режим человека, относятся температура и влажность воздуха, солнечная радиация (коротковолновая и длинноволновая), скорость ветра. К физиологическим факторам следует отнести теплопродукцию организма (тепло, выделяемое в организме в результате окислительных процессов, связанных с переработкой пищи), терморегуляторные функции организма, такие, как выделение пота и так называемые вазомоторные реакции, учитывающие теплообмен, вызванный кровообменом в организме человека. При нормальных условиях тело человека находится в условиях стационарного теплового равновесия с окружающей средой. Это означает, что приход тепла в организме человека равен его расходу. Тепловой режим здорового человека в обычных условиях существенно не меняется со временем. Свидетельством этого является примерно постоянная его температура.

Условие теплового стационарного равновесия обычно выражается уравнением теплового баланса человека. Заметим, что речь все время идет о теле человека, не защищенном одеждой.

$$FR_{\text{ч}} + q = FP_{\text{ч}} + P_{\text{д}} + FLE_{\text{ч}} + LE_{\text{д}}$$

где  $F$  — поверхность тела ( $\text{см}^2$ );  $R_{\text{ч}}$  — радиационный баланс человека, отнесенный к единице поверхности человеческого тела;  $q$  — теплопродукция человека;  $P_{\text{ч}}$  — теплообмен между телом человека и окружающей средой;  $P_{\text{д}}$  — теплообмен при дыхании из-за разницы температур вдыхаемого и выдыхаемого воздуха;  $L$  — скрытая теплота парообразования;  $E_{\text{ч}}$  — величина испарения с поверхности кожи;  $E_{\text{д}}$  — величина испарения с поверхности легких при дыхании.

Расчет компонент баланса позволяет получить объективные количественные характеристики теплового состояния человека. Первые расчеты составляющих теплового баланса человека для Киева были выполнены Б. А. Айзенштатом.

Средние значения компонент баланса для 13 ч, рассчитанные методом САРНИГМИ, представлены в табл. 121. Расчеты

Таблица 121

Составляющие теплового баланса человека (кДж/ч). 13 ч.

Месяц	$FR_{\text{ч}}$	$q$	$FP_{\text{ч}}$	$P_{\text{д}}$	$FLE_{\text{ч}}$	$LE_{\text{д}}$
IV	402	754	-2284	34	1257	97
V	838	754	-1592	21	92	71
VI	909	754	-1341	17	214	92
VII	1077	754	-1131	17	612	71
VIII	926	754	-1198	21	385	75
IX	423	754	-1655	25	591	88

выполнены для площади поверхности человеческого тела, в среднем равной  $15\,000\text{ см}^2$ , теплопродукция человека была принята равной  $754\text{ кДж/ч}$  при выполнении работы средней тяжести, скорость ветра —  $1\text{ м/с}$ , скрытая теплота парообразования  $L=2430\text{ кДж/ч}$  и объем вентиляции легких, равный  $0,017\text{ м}^3/\text{мин}$ .

В период с апреля по сентябрь радиационный баланс человека ( $FR_{\text{ч}}$ ) изменяется от 402 до  $1077\text{ кДж/ч}$ , достигая максимальных значений в июле.

Основное количество тепла человек затрачивает на теплообмен с окружающей средой ( $FP_{\text{ч}}$ ). Эта величина в теплое полугодие в полуденные часы изменяется для условий Киева от  $2284$  до  $1131\text{ кДж/ч}$ . Такое количество тепла обнаженное тело человека отдает в окружающий воздух. Следующая составляющая теплового баланса характеризует затрату тепла на испарение пота с поверхности человеческой кожи ( $FLE_{\text{ч}}$ ). Положительные значения этой величины соответствуют условиям нагрева человека, относительно большим величинам радиационного баланса  $FR_{\text{ч}}$ . Излишек тепла в этом случае компенсируется его оттоком за счет испарения  $FLE_{\text{ч}}$ . В холодные месяцы, когда радиационный нагрев мал, одежда предохраняет человека от излишнего охлаждения в результате испарения и теплообмена с окружающей средой. В апреле, мае и сентябре  $FLE_{\text{ч}}$  положительно. Понятно, что эта величина возрастает с понижением температуры воздуха и увеличением скорости ветра. Летом в полуденные часы влагопотери с поверхности кожи человека в Киеве могут составлять  $150\text{—}250\text{ г/ч}$ . Затраты тепла, связанные с дыханием и испарением с поверхности легких, относительно невелики.

Важно отметить, что затраты тепла на теплообмен человеческого тела с атмосферой превышают радиационный баланс. Зимой, весной и осенью это превышение может быть в пять раз и более. Заметно в меньшей степени превышают радиационный баланс тела затраты тепла на испарение. Но и эти величины

в отдельных случаях (зимой и весной) могут быть больше  $FLE_{\text{ч}}$ .

Весьма важной величиной, характеризующей тепловой режим человека, является относительная величина испарения пота (фактор относительной теплоотдачи)

$$M = \frac{LE_{\text{ч}}}{LE_{\text{ч макс}}} \cdot 100\%.$$

Здесь  $E_{\text{ч}}$  — наблюдаемое испарение с поверхности тела;  $E_{\text{ч макс}}$  — максимально возможное испарение. Согласно выполненным исследованиям [4, 11], при значениях  $M$ , превышающих 50—60%, происходит напряжение терморегуляторных механизмов, а при  $M$ , приближающихся к 100%, создается угроза перегрева организма. В июле уже отмечается некоторое напряжение терморегуляторных функций в городе. В пригородной зоне, где расположены оздоровительные учреждения, средние данные не указывают на какую-либо напряженность организма.

При жаркой и сухой погоде влагопотери с поверхности кожи человека в городе могут превышать в отдельных случаях 400 г/ч. В этих условиях фактор относительной теплоотдачи составляет 70—80%, т. е. организм уже приближается к состоянию перегрева. Важно отметить, что значение параметра  $M$  в условиях города, как правило, на 15—20% превышает его значение в пригородной зоне (табл. 122).

Таблица 122

Величины фактора относительной теплоотдачи  $M$  (%)

Станция	VI	VII	VIII
Ворзель, санаторий	38	42	30
Киев, Пуща-Водница	41	46	38
Борисполь	43	50	39
Фастов	42	45	34
Киев, обсерватория	48	56	44

Можно предположить, что с фактором относительной теплоотдачи должно быть связано число обращений населения за скорой помощью вследствие обострений сердечно-сосудистых заболеваний. При увеличении фактора  $M$  должно возрастать и число обращений. По этой причине следует стремиться к понижению в теплое полугодие фактора  $M$  в крупных городах до 30—40%. Этому должны способствовать хорошие условия аэрации (вентиляции площадей и улиц) города и всевозможные виды мелиорации городского климата: озеленение отдельных районов, создание прудов, открытых бассейнов и водохранилищ, полив улиц и т. д.

В гигиенической практике широкое распространение получила интегральная биоклиматическая характеристика — темпе-

ратура черного шара ( $t_{\text{ш}}$ ) или, как ее иногда еще называют, результирующая температура. Она учитывает влияние на человека трех факторов одновременно: температуры воздуха, радиации (коротковолновой и длинноволновой) и ветра. Существует довольно тесная связь между температурой черного шара и самочувствием человека. Чем выше  $t_{\text{ш}}$ , тем больше тепловая нагрузка на организм человека, вызванная влиянием радиации, температуры воздуха и ветра [4]. Температура черного шара всегда заметно выше температуры воздуха (табл. 123). С уменьшением скорости ветра эта разность возрастает.

Таблица 123

Напряжение прямой ( $S$ ), рассеянной ( $D$ ) и отраженной солнечной радиации ( $t_{\text{к}}$ ) ( $\text{Вт/м}^2$ ), температура воздуха  $t$ , земной поверхности  $t_{\text{з}}$  и черного шара  $t_{\text{ш}}$  и  $t_{\text{ш1}}$  соответственно при скорости ветра 2,5 и 1 м/с в 13 ч (по Б. А. Айзенштату)

Месяц	$S$	$D$	$t_{\text{к}}$	$t$	$t_{\text{з}}$	$t_{\text{ш}}$	$t_{\text{ш1}}$
IV	307	251	146	10,3	22,3	17,8	19,5
V	377	265	174	18,6	33,9	27,1	29,2
VI	398	258	181	21,4	37,5	30,2	32,0
VII	412	265	188	23,5	40,1	32,8	34,8
VIII	426	230	174	22,5	37,3	31,0	33,0
IX	244	202	140	17,8	29,6	23,6	25,0

Теоретические и экспериментальные исследования показали следующее:

1) с возрастанием скорости ветра влияние изменений отдельных характеристик (кроме  $t$ ) на изменение температуры черного шара уменьшается. Изменение  $t_{\text{ш}}$  в связи с изменением температуры воздуха возрастает с ростом скорости ветра;

2) наиболее значительные изменения  $t_{\text{ш}}$  происходят при изменении скорости ветра от 0 до 1 м/с;

3) температура черного шара в основном зависит от температуры воздуха;

4) если рассматривать не черный шар, имеющий коэффициент отражения около 0,1, а шар, коэффициент отражения которого равен 0,3, т. е. примерно такой же, как и среднепигментированная кожа человека, то можно ожидать, что днем при безоблачном небе температура такого шара при скорости ветра 1 м/с будет примерно на 3°C ниже температуры черного шара. При штиле различия могут достигать 5°C;

5) на  $t_{\text{ш}}$  существенно влияет отражение радиации от стен зданий. Это важно для условий города. Вблизи белой освещенной солнцем стены температура черного шара заметно понижается.

Среди температурных шкал наибольшее распространение получили эквивалентно-эффективные температуры (ЭЭТ) и ра-

диационно-эквивалентно-эффективные температуры (РЭЭТ). Эквивалентно-эффективная температура это такая расчетная температура, которая производит то же теплоощущение что и наблюдаемая, но в условиях неподвижного и насыщенного воздуха. Обычно ЭЭТ рассчитывается для теплых месяцев. Выделяются две шкалы эквивалентно-эффективных температур. Нормальная шкала ЭЭТ предполагает человека, одетого по сезону и производящего легкие движения. Ею пользуются для характеристики теплоощущения одетого человека, совершающего небольшие прогулки. Основная шкала ЭЭТ характеризует условия теплоощущения обнаженного человека, находящегося в тени, принимающего воздушные ванны. Расчет ЭЭТ для Киева выполняется по программам В. А. Яковенко (табл. 124).

Таблица 124

Эквивалентно-эффективная (ЭЭТ) и радиационно-эквивалентно-эффективная температура (РЭЭТ)

Температура, °С	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ЭЭТ по нормальной шкале							
$\overline{\text{ЭЭТ}}$	—	7,8	11,5	14,2	13,0	7,3	—
$\overline{\text{ЭЭТ}}_{13 \text{ ч}}$	0,0	10,0	15,0	17,4	16,7	11,0	1,5
ЭЭТ по основной шкале							
$\overline{\text{ЭЭТ}}$	—	0,0	5,5	8,6	7,3	0,0	—
$\overline{\text{ЭЭТ}}_{13 \text{ ч}}$	—	4,0	8,8	11,3	11,2	4,5	—
РЭЭТ для непигментированной кожи							
$\overline{\text{РЭЭТ}}$	—	3,0	8,0	10,8	9,5	4,3	—
$\overline{\text{РЭЭТ}}_{13 \text{ ч}}$	—	10,0	16,0	18,0	17,8	9,2	—
РЭЭТ для пигментированной кожи							
$\overline{\text{РЭЭТ}}$	—	4,3	8,6	11,1	9,8	4,8	—
$\overline{\text{РЭЭТ}}_{13 \text{ ч}}$	—	13,5	18,0	19,5	18,8	12,0	—

Наибольшее теплоощущение отмечается в июле. Лучше всего обнаженный человек чувствует себя в интервале ЭЭТ 17,3—21,7°С. Оптимальным условиям соответствует значение ЭЭТ, равное 19°С. Это так называемая зона комфорта по основной шкале. В часы, близкие к полудню, в Киеве она может наблюдаться с июня по август. ЭЭТ, рассчитанная по нормальной шкале, выше такой же температуры, определенной по основной шкале. Зона комфорта, определенная по нормальной шкале, естественно, оказывается несколько ниже. Она находится в пределах 16,7—20,7°С. Следует отметить, что вопрос, касающийся соответствия теплоощущения человека выделенным зонам комфорта по ЭЭТ, является дискуссионным.

Эквивалентно-эффективные температуры выше комфортных значений характеризуют перегрев человеческого организма. Важно отметить, что средние ЭЭТ не указывают на возможный перегрев в условиях Киева. Расчет ЭЭТ, выполненный для отдельных дней, позволяет получить повторяемость эквивалентно-эффективных температур в определенных пределах. Повторяемость ЭЭТ (рассчитанных по нормальной шкале), превышающих в 13 ч комфортные значения для условий города, составляет за последние 10 лет 23%, для пригородной зоны эта величина снижается до 11%.

ЭЭТ обычно ниже температуры воздуха из-за охлаждающего влияния ветра и влажности воздуха. ЭЭТ во все часы суток примерно на 7°С ниже температуры воздуха (табл. 125). Нар-

Таблица 125

Суточный ход эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ), рассчитанной по нормальной шкале, и температуры воздуха (t). Июль

Температура, °С	Время, ч											
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
$\overline{\text{ЭЭТ}}$	10,0	8,7	8,5	10,7	14,2	15,9	17,4	16,8	15,5	14,0	12,3	11,2
t	16,6	15,8	15,5	17,8	20,8	22,7	23,7	23,4	23,1	21,2	19,1	17,7

стание (падение) ЭЭТ в течение суток существенно не отличается от возрастания температуры воздуха. Это же относится и к величине суточной амплитуды температуры.

В настоящее время в Киеве и вблизи его располагается около 50 санаториев и домов отдыха. В состав киевских здравниц входят Пуща-Водица, Святошино, Конча-Заспа, Выгуровщина. В окрестностях Киева располагаются Ворзель, Ирпень, Буча и Боярка. Режим ЭЭТ в городе и в его пригородной зоне различен в зависимости от условий увлажнения и скорости ветра (табл. 126).

Таблица 126

Эквивалентно-эффективная температура по нормальной шкале. 13 ч

Станция	Расстояние от Киева, км	V	VI	VII	VIII	IX
Ворзель, санаторий	35	9,5	16,4	17,0	16,5	10,3
Киев, Пуща-Водица	20	9,6	14,6	17,2	16,0	10,7
Борисполь	40	11,1	14,9	17,3	17,1	12,0

Эквивалентно-эффективная температура как комплексная характеристика температуры и влажности воздуха и скорости ветра сильно зависит от местных условий, в которых распо-

лагаются станции, от рельефа, степени закрытости станции, характера растительности и т. д.

Данные об ЭЭТ используются для расчета дозирования воздушных ванн в санаториях и домах отдыха. Эквивалентно-эффективная температура определяет тепловое состояние человека в тени. Самочувствие человека на солнце характеризуется обычно с помощью радиационно-эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ). РЭЭТ рассчитываются обычно по номограмме Г. В. Шелейховского для непигментированной и пигментированной кожи. Ясно, что для пигментированной кожи за счет меньших значений альбеда РЭЭТ должна быть выше по сравнению с такой же температурой, определенной для непигментированной кожи. Средние значения РЭЭТ на 3—4°C выше ЭЭТ (основная шкала) (см. табл. 124). В часы, близкие к полудню, это различие оказывается значительно больше, Комфортные условия (определенные по РЭЭТ) в среднем характерны для мая, июня и сентября. В июле и августе может отмечаться перегрев организма.

Важным фактором, формирующим биоклиматические условия, является ультрафиолетовая радиация солнца. Под ультрафиолетовой радиацией (УФР) понимают излучение Солнца с длиной волны в интервале 280—400 нм. Хорошо известна биологическая и фотохимическая активность ультрафиолетовой области солнечного спектра. Ультрафиолетовые лучи оказывают бактерицидное, витаминообразующее (витамин Д), эритемное и пигментное воздействие. Ультрафиолетовая радиация составляет очень малую долю в потоке прямой радиации. В Киеве при максимальных высотах солнца она равна всего около 5%.

Ультрафиолетовая радиация с длиной волны  $\leq 315$  нм является в биологическом отношении наиболее активной (табл. 127). В Борисполе доля биологически наиболее активной УФ радиации в общем потоке ультрафиолетовой радиации с апреля по сентябрь составляет 1,1—1,8%. Интенсивность прямой УФР в Борисполе в весенние и осенние месяцы несколько выше, чем в городе (табл. 128, 129). Это различие заметно больше для наиболее активной части УФР. В теплое полугодие УФР в городе слабее, чем в пригородной зоне.

Большая интенсивность УФР, особенно в ее короткой части, в пригородной зоне объясняется более высокой прозрачностью атмосферы. Повышенная мутность атмосферы в городе обуславливает заметное поглощение солнечной радиации в области короткого участка спектра, что и приводит к уменьшению интенсивности УФ радиации в городе. Большая чистота воздуха за городом и связанная с ней повышенная интенсивность ультрафиолетовой радиации, наряду с другими факторами (сосновый лес, наличие прудов и водоемов, комфортные эффективные температуры воздуха и т. д.), создают благоприятные условия для размещения здесь сети санаториев и домов отдыха.

Таблица 127  
Доля (%) биологически наиболее активной ультрафиолетовой радиации ( $\lambda \leq 315$  нм) в общем ее потоке (по Л. В. Дмитренко)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Борисполь Киев, обсерватория	0,2 0,1	0,3 0,3	0,7 0,6	1,1 1,1	1,5 1,3	1,6 1,4	1,7 1,4	1,8 1,4	1,3 1,0	0,7 0,6	0,2 0,2	—

Таблица 128  
Интенсивность прямой ультрафиолетовой радиации (Вт/м<sup>2</sup>) поступающей на перпендикулярную поверхность в полдень (по Л. В. Дмитренко)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Борисполь Киев, обсерватория	4 8	18 17	24 24	24 25	24 24	28 28	37 37	37 37	33 32	19 14	10 10	4 7
Борисполь Киев, обсерватория	7 11	56 47	150 147	276 281	427 376	452 395	453 388	479 386	295 227	121 70	21 24	—

Таблица 129  
Доля (%) ультрафиолетовой радиации ( $\lambda \leq 400$  нм) в суммарном потоке прямой солнечной радиации (по Л. В. Дмитренко)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Борисполь Киев, обсерватория	0,5 1,1	2,0 2,1	2,6 2,7	3,0 3,0	3,5 3,4	3,4 3,3	3,4 3,2	3,2 3,1	2,7 2,6	2,2 2,8	1,3 1,4	0,7 1,0

Выполненные исследования позволяют рекомендовать дальнейшее развитие санаторно-курортных учреждений в районах Пуща-Водица и Конча-Заспа, а также в пойме Днепра.

#### 10.4. Влияние погодно-климатических условий на состояние здоровья человека

Вопросы возникновения, течения и исхода сердечно-сосудистых заболеваний населения Киева, вызванные метеорологическими и гелиофизическими воздействиями, были развиты в работах Д. И. Панченко, Е. И. Лихтенштейна, Е. Н. Журенко, В. В. Ежеской, Т. В. Грабовской, А. К. Подшибякина, В. П. Колодченко и др.

С 1969 г. исследования влияния погодно-климатических условий на заболеваемость населения города ведутся на кафедре общей и радиационной гигиены Киевского медицинского института.

В качестве материалов, отражающих влияние погодных условий на здоровье, использовались статистические данные службы скорой медицинской помощи за период с 1964 по 1976 г., истории болезни больных, данные непосредственных наблюдений за больными и здоровыми людьми, анкетные опросы и др. Всего за указанный период изучено и обработано 144 сводных статистических отчета, в общей сложности содержащих сведения более чем о 6 млн. 200 тыс. обращений за медицинской помощью.

Анализ материалов позволил получить новые данные, касающиеся различных аспектов связи здоровья населения города с погодно-климатическими факторами. В частности, рассмотреть вопросы: а) особенности сезонной динамики заболеваемости населения г. Киева; б) зависимость обращаемости населения за медицинской помощью от погодных условий; в) влияние погоды на течение сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Для характеристики частоты обращения рассчитывались индексы месячных колебаний, представляющие отношение числа вызовов скорой помощи в данном месяце к средней годовой величине.

В условиях города годовой ход обращений населения за скорой медицинской помощью неравномерен (табл. 130). Количество вызовов в разные месяцы по всем заболеваниям колеблется от 95,0 до 109,0. Для отдельных заболеваний характерна еще большая неравномерность вызовов скорой медицинской помощи. Рассмотрим некоторые особенности годового хода отдельных заболеваний. Автотранспортный травматизм, наряду с погодными условиями, существенно зависит от интенсивности движения транспорта. Этим объясняется минимум травматизма

Таблица 130

Обращаемость за скорой медицинской помощью при различных заболеваниях

Причина вызова	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Стенокардия	115,0	101,5	112,0	102,5	96,0	85,0	86,0	90,0	93,0	98,0	107,0	106,0
Инфаркт миокарда	101,5	95,0	99,9	115,0	106,0	91,0	89,0	91,5	93,0	105,0	104,0	111,0
Мозговой инсульт	94,0	93,7	108,8	108,8	110,5	94,7	93,7	85,6	82,6	101,8	103,0	110,0
Гипертоническая болезнь	105,5	106,0	114,5	109,0	105,0	95,0	78,0	86,0	85,0	97,0	105,6	111,0
Пневмония	145,0	115,0	120,0	102,0	95,0	78,0	53,0	58,0	103,0	120,0	125,0	140,0
Неврологические заболевания	102,0	96,0	103,0	101,0	104,0	95,0	111,0	97,0	97,0	94,0	102,0	98,0
Глаукома	86,0	81,0	98,0	93,0	116,8	119,8	108,5	102,8	103,3	82,6	100,3	107,0
Желудочно-кишечные заболевания	96,1	88,1	96,1	91,1	97,1	113,2	112,2	114,2	98,1	99,1	98,2	96,5
Автотранспортный травматизм	40,0	51,0	50,0	60,0	75,0	105,0	142,0	140,0	139,0	140,0	80,0	75,0
Всего вызовов	108,1	99,9	98,5	98,5	101,0	97,0	97,3	95,0	98,0	99,0	103,0	109,3

в январе — феврале с последующим его увеличением более чем в 3,5 раза. Максимум отмечается в июле.

Годовой ход заболеваний пневмонией характеризуется увеличением в зимние месяцы (максимум в декабре — январе) и уменьшением в летние (минимум в июле — августе), что связано с увеличением числа острых респираторных заболеваний и вирусных инфекций в зимнее время. Противоположный ход имеют желудочно-кишечные заболевания с максимумом в июне — августе и с минимумом в феврале, что объясняется сезонным увеличением частоты кишечных инфекций в летнее время. Имеется определенная закономерность в сезонном ходе при глаукоме, неврологических и других заболеваниях.

Следует отметить, что при автотранспортном травматизме, желудочно-кишечных заболеваниях, пневмонии, глаукоме и других заболеваниях нет четко выраженных подъемов в переходные периоды года по сравнению с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Характерным для сердечно-сосудистых заболеваний является снижение их в период с июля по сентябрь, и повышение с апреля по ноябрь. Как видно из табл. 130, на этот период приходится и минимум частоты обращений.

Максимум обращений при сердечно-сосудистых заболеваниях отмечается в разные месяцы. Так, при стенокардии в январе и марте, при инфаркте миокарда — в апреле и декабре и т. д. Общим для этих заболеваний является повышенная обращаемость за медицинской помощью в марте и апреле, а также в ноябре и декабре, за исключением инфаркта миокарда. Наряду с уменьшением ультрафиолетовой радиации и недостатком витаминов в весеннее время отмеченные подъемы связаны с влиянием неблагоприятных погодных условий, присущих переходным сезонам года. В условиях Киева на ноябрь и декабрь, март и апрель приходится 36,4 и 38,5% дней (от общего количества их в году) с неблагоприятными для здоровья человека погодными условиями (согласно медицинской классификации погоды И. И. Григорьева типы III и IV).

Научный и практический интерес представляет изучение неблагоприятного влияния отдельных метеоэлементов, таких, как температура и влажность воздуха, атмосферное давление.

В силу сложившегося представления о кислороде в атмосфере как о величине практически постоянной этот химический элемент в рамках проблемы погодных воздействий на здоровье человека до недавнего времени почти не изучался. В. Ф. Овчаровой было показано, что при значительных изменениях погодных условий процентное содержание кислорода не изменяется, тогда как его масса в одном и том же объеме воздуха может значительно уменьшаться.

Учитывая исключительное значение кислорода, следует допустить, что такие колебания его содержания в воздухе (даже в пределах 10—15 г/м<sup>3</sup>) не безразличны для организма человека

вообще и особенно для больных сердечно-сосудистыми заболеваниями, которым, как известно, сопутствуют более или менее выраженные гипоксические состояния. С этой целью было проведено исследование годовой динамики содержания кислорода в атмосфере в сопоставлении с частотой некоторых острых сердечно-сосудистых заболеваний. Содержание кислорода определено расчетным методом на основании ежесуточных данных метеостанции Киев, обсерватория за 1972—1973 гг.

Из табл. 131 и рис. 70 видно, что содержание кислорода в атмосфере подвержено довольно существенным колебаниям.

Таблица 131

Содержание кислорода  $P$  (г/м<sup>3</sup>) в воздухе

Месяц	1972 г.			1973 г.		
	$\bar{P}$	$P_{\text{мин}}$	$P_{\text{макс}}$	$\bar{P}$	$P_{\text{мин}}$	$P_{\text{макс}}$
I	296,0	280,0	316,0	289,0	286,0	319,2
II	301,6	289,0	317,0	288,0	278,4	304,0
III	294,5	277,9	307,8	289,0	280,0	300,0
IV	279,5	272,1	289,8	280,0	274,4	285,3
V	277,0	266,2	287,1	272,0	265,6	279,2
VI	270,4	264,0	281,0	270,1	256,0	278,1
VII	278,1	257,6	319,4	265,0	259,2	271,2
VIII	278,9	262,0	275,0	281,6	266,0	290,0
IX	270,6	271,0	290,0	280,0	269,3	294,1
X	290,0	276,0	296,0	284,0	273,2	297,5
XI	288,0	275,0	297,0	288,0	280,7	298,9
XII	297,0	283,0	312,5	292,1	284,8	303,6

Среднее месячное содержание кислорода колеблется от 270,0 до 301,6 г/м<sup>3</sup>. Еще более велик диапазон колебаний минимальных и максимальных значений (от 256,0 до 319,4 г/м<sup>3</sup>). Различия в количестве кислорода, поступающего за сутки в организм взрослого человека, может резко меняться. Самая высокая концентрация кислорода отмечается в зимние месяцы, самая низкая — летом.

Для определения содержания кислорода важную роль играют значения его междусуточных перепадов. Последние можно характеризовать коэффициентом изменчивости В. И. Русанова. Повышенные колебания содержания кислорода отмечаются в зимние и переходные сезоны года. Например, в ноябре—апреле 1973 г. более чем в 40% дней (в марте даже в 51%) величина междусуточного перепада содержания кислорода выходит за пределы среднего значения.

Анализ материалов о заболеваемости населения показывает, что на фоне отмеченных выше сезонных колебаний обнаружи-

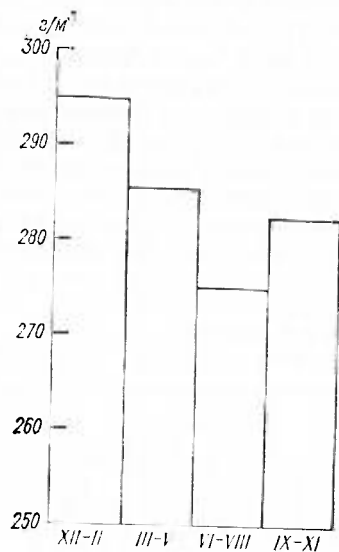


Рис. 70. Сезонные различия содержания кислорода (г/м³).

вается достаточно четко проявляющаяся во все сезоны года связь между обращаемостью населения за неотложной медицинской помощью и условиями погоды.

В дни когда отмечалась благоприятная (тип I) или относительно благоприятная (тип II) погода обращаемость населения за скорой медицинской помощью при сердечно-сосудистых заболеваниях отмечалась в 17,6% дней, а в дни с неблагоприятной погодой (тип III) она составляла 82,4%. Подобной зависимости нет при прочих заболеваниях, когда обращаемость практически одинакова при благоприятной и неблагоприятной погоде.

Больным с заболеваниями органов кровообращения присуща особенно высокая чувствительность к колебаниям метеорологических элементов. Так, частота сердечно-сосудистых заболеваний в марте почти на 15% выше, чем в апреле. Это

объясняется меньшим числом дней с неблагоприятной погодой в апреле по сравнению с мартом. В периоды повышенной заболеваемости отмечается большая амплитуда колебаний средних суточных температур воздуха, атмосферного давления и концентрации кислорода, а также некоторых геофизических явлений (суммарной площади солнечных пятен, напряженности магнитного поля Земли и др.). При этом, например, амплитуда колебаний давления может достигать в среднем 40%, суммарная площадь солнечных пятен — 10% и напряженность магнитного поля Земли — 15%. Повышенная заболеваемость отмечается не только непосредственно в периоды резкого изменения метеорологических элементов, но в ряде случаев в предшествующие дни.

Наиболее убедительные данные получены о наличии связи между погодными условиями и заболеваемостью инфарктом миокарда. Высокая заболеваемость людей инфарктом миокарда чаще регистрировалась в дни с неблагоприятной погодой, чем в дни с благоприятной. Низкие уровни заболеваемости в 44,6% дней совпадали с благоприятной погодой и лишь в 11,6% — с неблагоприятной.

При выявлении и оценке связи погодных условий с возникновением инфаркта миокарда немаловажное значение имеют

непосредственные наблюдения за больными. В феврале — апреле 1974 г. наблюдалась группа больных, госпитализированных в кардиологическом отделении стационара с различными формами ишемической болезни сердца. В течение этого времени было отмечено четыре периода продолжительностью от 2—3 до 6—8 дней каждый, когда отмечалось ухудшение состояния большинства больных, вызванное погодными условиями.

Исследуя влияние погодных условий на заболеваемость инфарктом миокарда, необходимо остановиться на связи этого заболевания с гелиогеофизическими воздействиями. Одно из исследований этого вопроса в Киеве принадлежит В. П. Колодченко. Автор изучал колебания заболеваемости инфарктом миокарда по данным обращаемости за скорой медицинской помощью в 1963—1968 гг. (4847 случаев), а также моделировал влияние некоторых гелиогеофизических факторов на скорость реакции эритроцитов (РОЭ) и некоторые другие.

Выполненные исследования позволяют говорить о возрастании заболеваемости после резкого изменения солнечной активности. Обращает на себя внимание увеличение числа заболеваемости за 1—2 суток до начала магнитных бурь. Возможно, что оно было вызвано предшествующим повышением солнечной активности. Основной вывод исследования сводится к тому, что при вспышках мощностью 2—3 балла, прохождении низкоширотных пятен через центральный меридиан Солнца и геомагнитных возбуждениях наблюдается повышение заболеваний, максимум которых приходится на первый-второй дни после этого явления.

Исследование, касающееся особенностей влияния погодноклиматических условий Киева на течение гипертонической болезни, было выполнено В. Г. Бардовым. В годовой динамике средних декадных величин числа гипертонических кризов обнаруживается связь с декадными изменениями параметров ряда метеорологических элементов. Последнее указывает на зависимость от погоды колебаний обострений гипертонической болезни и косвенно отражает их сезонный ход. В генезисе обострений заболевания, обусловленных погодой, особо важны не абсолютные средние декадные значения метеорологических элементов, а их внутрисуточные изменения.

При изучении влияния погодных условий на здоровье людей большой интерес представляют данные, характеризующие динамику отдельных физиолого-биохимических показателей. Они были получены Н. В. Кузько и В. А. Гудименко. Авторы изучали обращаемость больных с сердечной недостаточностью в отделении скорой помощи одной из поликлиник Киева в 1970 г. Было зарегистрировано 811 обращений 624 больных. Отмечена неравномерность обращений по месяцам, согласующаяся с описанной выше сезонной динамикой.

Результаты некоторых биохимических исследований боль-

ных, обращавшихся в дни с благоприятной и неблагоприятной погодой, представлены в табл. 132. Анализ данных таблицы позволяет сделать заключение о возникновении в организме больных сдвигов в обменных и адаптационных процессах, направленность которых зависит от характера погодных процессов. Отмечается тенденция к уменьшению времени свертывания крови, повышению концентрации холестерина и др., т. е. наблюдаются биохимические изменения, усугубляющие течение ишемической болезни сердца, облегчающие возникновение тромбоэмболических осложнений.

Таблица 132

Биохимические показатели крови в дни с благоприятной и неблагоприятной погодой (по Н. В. Кузько и В. А. Гудименко)

Биохимический показатель	Тип погоды	
	благоприятная	неблагоприятная
Холестерин	202 ± 56 мг%	282 ± 14 мг%
Лецитин	303 ± 12,2 мг%	240 ± 0,08 мг%
линопротанды	26,6 ± 0,69 мг%	19 ± 0,08 мг%
линопротенды	66,6 ± 1,26 мг%	79 ± 1,22 мг%
Альбумины	57,0 ± 1,2 мг%	46,6 ± 0,87 мг%
Сниловая кислота	139 ± 6,3 ед.	209 ± 4,6 ед.
Время свертывания крови	5,5 ± 0,11 мин	3,7 ± 0,26 мин
Протромбиновое время	96,5 ± 0,52 мин	106 ± 0,68 мин
Свободный гепарин	7,1 ± 0,3 мг%	3,9 ± 0,34 мг%

Из изложенного следует, что фундаментальное и всестороннее изучение влияния климата города на здоровье населения, обоснование и внедрение практических рекомендаций, связанных с профилактикой неблагоприятных погодноклиматических воздействий представляет собой актуальную задачу ближайшего будущего. Выполненные исследования и полученные результаты могут рассматриваться лишь в качестве первых основополагающих шагов в этом направлении.

Завершая рассмотрение некоторых вопросов связи климатических условий города и их влияния на здоровье населения, укажем на две наиболее важные задачи в разработке этой проблемы:

1) развитие и углубление комплексного изучения связи частоты возникновения, течения и исходов различных болезней с прямым и косвенным влиянием погодных условий. Разработка на этой основе прикладной медицинской типизации погоды в условиях города;

2) обоснование, разработка и внедрение системы медикометеорологического прогнозирования и оповещения с целью профилактики и лечения обусловленных погодой неблагоприятных реакций у больных и здоровых людей.

## 10.5. Краткая климатическая характеристика зеленого хозяйства и методы мелиорации городского климата

Система озеленения города состоит из внутригородских зеленых насаждений и насаждений пригородной зоны. Пригородный зеленый пояс Киева составляет 52 852 га. Фотосинтезирующая деятельность зеленых насаждений обогащает воздушный бассейн свободным кислородом. Большая озелененность северных областей Украины, где расположен Киев, по сравнению с южными и юго-восточными районами уменьшает в теплый период состав вредных окислов углерода в атмосфере примерно в 3—4 раза (98). Зеленая благоприятно воздействует на микроклимат, смягчает городской шум. Озеленение защищает здания от перегрева в летнее время, от воздействия солнечной радиации на стены зданий, способствует аэрации городских территорий, защищает город от сильных ветров. Зеленые массивы ионизируют воздух. Парки, сады, скверы являются излюбленным местом отдыха населения и лучшим украшением города.

Важной компонентой в озеленении пригородной зоны Киева являются леса. Лес оказывает существенное влияние на микроклимат города. Из леса поступает чистый воздух. Известна санитарная роль леса по охране источников водоснабжения и защите города от атмосферного загрязнения, от сильных ветров, снежных заносов. В лесных пригородных районах Киева (Пушча-Водица, Ворзель, Конча-Заспа и др.) расположены санатории и дома отдыха, лечебные учреждения, лесные школы для больных детей.

В дополнение к основным климатическим характеристикам города, рассмотренным выше, приведем показатели, наиболее важные для роста и развития зеленых насаждений в городе. Одним из таких показателей является фотосинтетически активная радиация (ФАР) — излучение в интервале длин волн 380—710 нм, которое играет значительную роль в жизнедеятельности растений.

Значения суммарной ФАР в течение года и за вегетационный период холодостойких растений, ограниченный температурой воздуха 5°C (апрель—октябрь), представлены в табл. 133. Здесь же приведены значения коэффициента вариации  $C_v$ , за вегетационный период он невелик, в среднем около 9%.

В Киеве почти все культуры естественного произрастания полностью обеспечены теплом. Но общеизвестно, что для жизни растений большое значение имеет еще и почвенная влага. Киев расположен в зоне достаточного увлажнения почвы. В начале весны запасы влаги в метровом слое почвы составляют в среднем 160—180 мм. По мере вегетации запасы почвенной влаги постепенно уменьшаются и в августе—сентябре они уже равны 40—70 мм. Достаточное увлажнение в период усиленного роста



Таблица 133

Суммарная фотосинтетически активная радиация  $Q_{\Phi}$  (МДж/м<sup>2</sup>)  
и коэффициент вариации  $C_v$  (по Н. А. Перелет)

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII
$Q_{\Phi}$	59	84	163	205	293	314	310
$C_v$	0,19	0,22	0,18	0,09	0,08	0,10	0,08
Показатель	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
$Q_{\Phi}$	268	184	113	42	33	2052	
$C_v$	0,07	0,08	0,13	0,26	0,20		

растений отмечается в 70% лет. В табл. 134 приводятся максимально возможные запасы продуктивной влаги в метровом слое для наиболее типичных почв Киева и пригородов. В связи с этим отметим, что почвенный состав на территории города и в его окрестностях очень разнообразен, но почти все почвы требуют высокой агротехники, внесения минеральных и органических удобрений, в отдельных случаях известкования, применения противоэрозионных мер в местах, подверженных эрозии, углубления пахотного слоя.

Таблица 134

Максимально возможные запасы продуктивной влаги в метровом слое основных типов почв Киева и его пригородов [2]

Тип почвы	Механический состав	Запасы влаги, мм
Дерново-слабоподзолистые	Крупный песчаник	68
»	Мелкий песчаник	105
Дерново-среднеподзолистые	Глинистый песчаник	160
»	Супесь рыхлая	190
Светло-серые оподзоленные	»	200
Серые оподзоленные	Легкий суглинок	180
Темно-серые оподзоленные	Средний суглинок	180
Черноземы оподзоленные	Легкий суглинок	190
Черноземы мощные	Средний суглинок	180
Черноземы обыкновенные	Легкий суглинок	175
»	»	160
»	Тяжелый суглинок	155

В холодный период важное значение имеет величина минимальной температуры на глубине узла кущения и глубина промерзания почвы. Минимальная температура почвы на глубине узла кущения в среднем равна  $-11^{\circ}\text{C}$ , средняя толщина при-

тертой ледяной корки  $-1,7$  см, продолжительность ее залегания в среднем составляет 34 дня.

Максимальное промерзание почвы чаще всего приходится на февраль. Глубина и характер промерзания зависят от механического состава почвы, ее влажности, высоты и плотности снежного покрова и характера местности. На полях почва промерзает больше, на суходольных лугах меньше. Еще меньше она промерзает в лесу и под искусственным покрытием: асфальтом и камнем.

Таким образом, Киев характеризуется благоприятным сочетанием климатических условий, что позволяет архитекторам, дендрологам, озеленителям использовать многочисленные виды древесных и кустарниковых пород, а также и цветов для создания красивого вида города. В пригородной зоне климатические условия позволяют выращивать высокопродуктивные сельскохозяйственные культуры и овощи.

Видовой состав растительности очень разнообразен: лиственных деревьев 74 вида, хвойных 19, кустарников 46, плодовых деревьев 72 сорта, сиреней 23, роз 68, яблонь 24, вьющихся растений 8 видов [59].

Климатические особенности города необходимо учитывать при определении количества деревьев, высаживаемых на единицу площади. Известно, что на юге УССР нужно высаживать около 250 деревьев на 1 га, а в Киеве и области меньше — около 170—200 деревьев [75].

Правильное размещение зеленых насаждений в городе смягчает микроклиматические условия. Для южных городов, каким является Киев, большое значение имеет свойство деревьев уменьшать солнечное облучение и этот факт должен быть наиболее рационально использован озеленителями.

Анализ табл. 135, заимствованной из [100], показывает, что наиболее эффективными в регулировании режима солнечной

Таблица 135

Световой режим различных пород деревьев и кустарников

Порода деревьев и кустарников	Световая энергия, %		
	отражение	поглощение	прохождение
Черемуха обыкновенная	19,5	78,5	2,0
Сирень	32,0	63,0	5,0
Береза бородавчатая	38,0	55,5	6,5
Клен остролистный	50,0	44,0	6,0
Дуб летний	50,3	41,2	8,5
Каптан конский	51,5	38,5	10,0
Осина	61,5	29,0	9,5

радиации являются клен остролистный, дуб летний, каштан конский, листва которых отражает около половины и более световой энергии. Сквозь листву с плотными кронами при их горизонтальной сомкнутости, равной 1,0, под полог проникает менее 10% солнечной радиации. Уменьшение сомкнутости на 0,1 влечет за собой увеличение радиации на 6—10%. Альbedo зеленых листьев составляет 8—46% в зависимости от их плотности, размера и формы. Альbedo лугов и лесов колеблется от 2 до 50%. Зеленые насаждения являются хорошими регуляторами теплового режима города. Температурный режим среди зеленых насаждений отличается большой равномерностью; днем в летнее время здесь прохладнее, ночью — теплее, чем на открытой местности. В лесу и в городе средняя разница в температуре воздуха около 2°. В отдельных случаях эта разница может быть значительно большей. Среди зеленых насаждений температура приземного слоя воздуха по вертикали остается почти неизменной, в то время как на открытой местности существует значительный вертикальный градиент температуры. Этот факт имеет немаловажное значение для самочувствия людей. Почва под растительностью не перегревается, суточная амплитуда температуры почвы, покрытой растительностью, гораздо меньше (почти на 10°), чем почвы, лишенной растительности.

Озеленение способствует также регулированию относительной влажности воздуха. Известно, что в лесу относительная влажность на 30% больше, чем в городе, а на озелененном бульваре или в сквере — на 16% выше, чем во дворе, лишенном растительности.

Особенно заметно влияние зеленых насаждений на скорость ветра. Ветрозащитное действие зелени зависит от типа насаждений, высоты, плотности, формы кроны, характера ветвления и др. В безлистном состоянии аэродинамическая эффективность деревьев и кустарников снижается на 40—50%, вечнозеленые и хвойные деревья сохраняют ветрозащитные свойства в течение всего года. Внутри лесного массива скорость ветра снижается почти на 100% и редко превышает 1 м/с.

Таким образом, система озеленения в свою очередь влияет на микроклимат окружающей среды и создает тот особый благоприятный климат, в котором так нуждаются городские жители.

При озеленении города необходимо подбирать такие виды древесных и кустарниковых пород, которые хорошо растут и развиваются в условиях города. При этом необходимо учитывать неблагоприятное влияние города и транспорта на некоторые виды растительности. Л. О. Машинский [65] приводит сведения о влиянии городских условий на сроки произрастания долголетних деревьев, таких, как вяз, ясень, липа. Например, липа мелколистная в лесу живет 300—400 лет, в парках Москвы — 125—150 лет, на бульварах и улицах — 50—80 лет.

На улицах Киева и в его садах и парках хорошо растут вековые конские каштаны, дубы, различные виды лип, клен остролистный.

В планах по озеленению Киева большое внимание уделяется дальнейшему расширению площадей зеленых насаждений, озеленению транспортных магистралей и подъездных дорог к городу.

Пригородная зона Киева включает близлежащие административные районы области общей площадью 10 тыс. км<sup>2</sup>. Каждый район характеризуется своими микроклиматическими особенностями, зависящими от местоположения, рельефа, типа почвы и других природных условий, на территории пригородной зоны расположены плодовые сады, питомники, сельскохозяйственные поля и огороды, лесные полосы.

В табл. 136 представлен календарь цветения основных видов растительности в Киеве и его пригородах.

Таблица 136

Календарь цветения основных видов растительности, распространенной в Киеве и его окрестностях [95]

Порода деревьев и кустарников	Дата начала цветения	Продолжительность цветения, дни
Черемуха обыкновенная	29 IV	13
Вишня обыкновенная	1 V	16
Каштан конский обыкновенный	4 V	24
Боярышник	14—15 V	9—14
Рябина обыкновенная	10 V	15
Калина обыкновенная	22 V	11
Калина бульденеж	16 V	19
Липа европейская	20 VI	12
Липа мелколистная	23 VI	14
Жимолость синяя	1 V	12
Смородина золотистая	30 IV	15
Алыча	24 IV	11
Бузина кустистая красная	1 V	17
Сирень обыкновенная	7—16 V	11—19
Сирень махровая	23 V	27
Роза колючейшая	22 V	21
Бузина черная	23 V	37
Озимая пшеница	7—8 VI	—
Помидоры ранние	1 VI—8 VI	—
Кукуруза среднеспелая	30 VII—1 VIII	—

Создание зеленых зон в городе является одним из основных средств улучшения микроклимата. С целью уменьшения вредного влияния промышленности и транспорта на климат города в большом масштабе проводится разбивка парков и скверов. При этом большое значение имеет правильная планировка зе-

ленных насаждений внутри города с учетом радиуса влияния их на жилые застройки.

Летом при жаркой погоде повышение температуры в городе, особенно при штиле, является нежелательным явлением. В северных городах и городах умеренной зоны такое положение наблюдается нечасто, но на юге летний режим заслуживает особого внимания.

Отраженная от стен зданий радиация, длинноволновое излучение покрытий (мостовых, тротуаров, крыш, домов) совместно с действием непосредственно падающих на человека солнечных лучей при высокой температуре воздуха создают ощущение зноя и духоты. Положение усугубляется запыленностью и загазованностью атмосферы выхлопными газами от транспорта и промышленными выбросами. Добавим к этому, что относительная влажность воздуха в такое время уменьшается, ведь испарение в городе заметно меньше, чем в пригородах. Все это является причиной того, что в городах термический режим в летнее время более или менее часто (в зависимости от широты и климатических условий) выходит за границы комфорта. Тепловой режим жилых зданий в такие периоды также неблагоприятен. В летнее время даже в Киеве, расположенном в умеренной зоне, здания перегреваются.

Вопросам теплового режима летнего сезона в южных городах посвящена работа Г. В. Шелейховского [114], выводы которой применимы не только к южным городам. В этой работе рассматривается эффективность применения различных сравнительно простых мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение микроклимата города и самочувствия человека; дается оценка мелиоративных мероприятий как для улиц, парков, тротуаров, так и для жилых помещений. Зеленые насаждения снижают температуру воздуха на 1,5—2,0°C, уменьшают тепловое излучение, увеличивают проветривание городских улиц в летнее время, в результате чего температура воздуха может снизиться на 2,0°C. При этом охлаждающее действие зелени пропорционально ее площади, которая должна быть соизмерима с площадью жилой застройки. Расположение зеленых массивов внутри городской застройки гораздо эффективнее, чем вне ее. В южных городах тротуары следует обязательно отделять от мостовых и стен зданий зеленым барьером шириной не менее 5 м. Это уменьшит тепловое излучение от мостовых примерно на 3,0°C. Зеленая зона между мостовой и тротуаром также предохраняет жителей и от вредного влияния транспортных отходов и пыли.

Выбор строительных материалов и их окраску следует производить, руководствуясь соображениями возможно меньшего поглощения ими тепла.

Необходимым условием мелиорации температурного режима зданий является их правильная ориентация относительно стран

света. В южных городах лучшей ориентацией является южная.

Тепловой режим зданий значительно улучшается в результате проветривания помещений, которое приближает их тепловой режим к оптимальному. Летнее проветривание помещений должно быть не ниже 10-кратного в час, в среднем оно должно быть 15—20-кратным. Кратность проветривания — это часовая смена воздуха, выраженная в объемах помещения. Наиболее радикальным средством, создающим оптимальный тепловой режим внутри помещений, является использование кондиционеров.

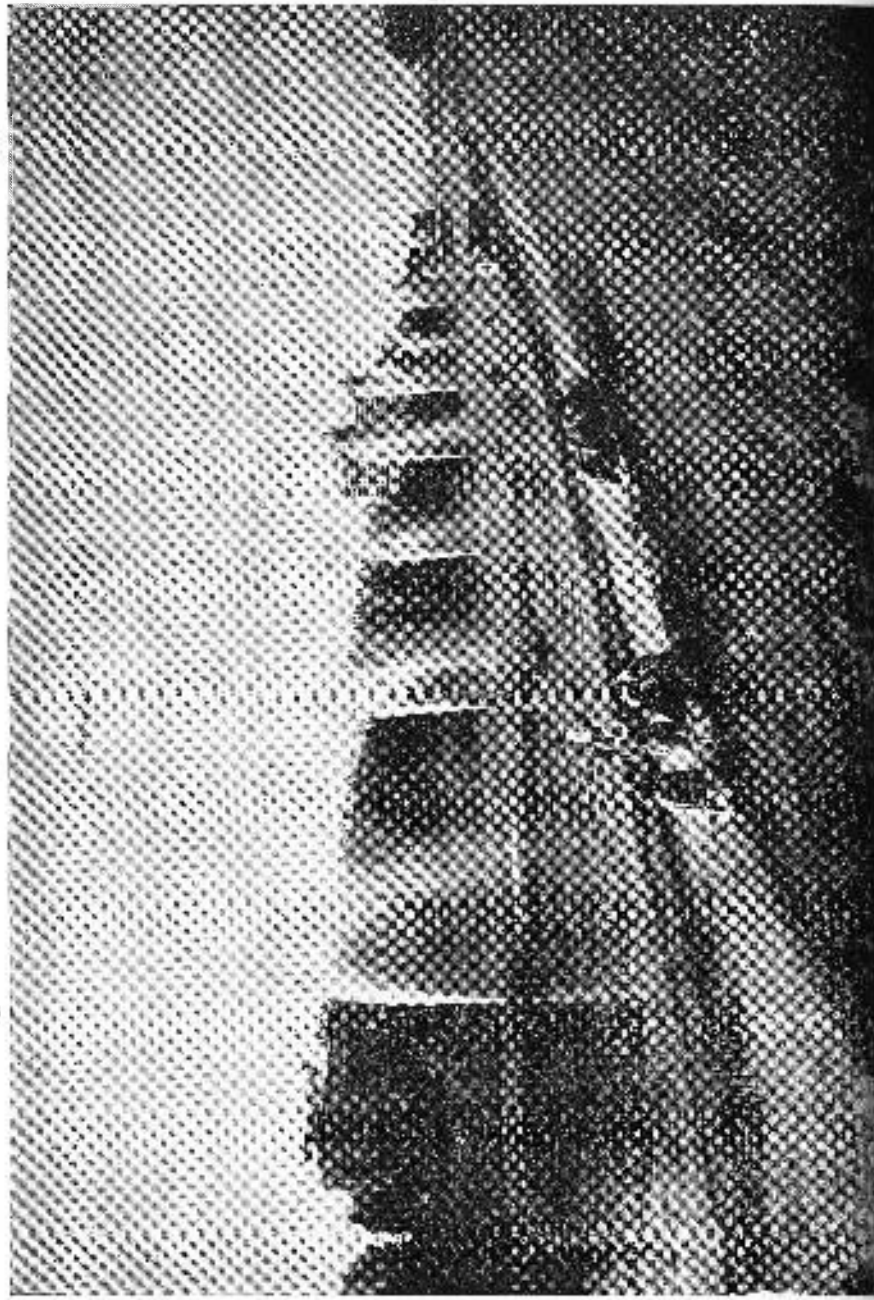
В условиях юга летняя жара часто сопровождается низкой влажностью воздуха. В Киеве относительная влажность воздуха иногда падает до 30% и менее. Дополнительное увлажнение воздуха с помощью пульверизирующих фонтанов, дающих большое распыление воды, может снизить температуру воздуха и повысить его увлажнение. Это весьма эффективное средство региональной мелиорации микроклимата в летнее время (рис. 71).

Полив улиц города является хорошим гигиеническим средством и широко применяется в настоящее время, но наряду с этим целесообразно применение дождевания зеленых зон города. Эффект дождевания хорошо известен из сельскохозяйственной практики, а техника дождевания может быть успешно применена и в городских условиях. Расчеты, проведенные в [114], показывают, что расход воды на дождевание невелик при средней интенсивности дождя порядка 0,25 мм/мин.

В настоящее время большой размах приняло высотное строительство. В связи с этим использование вертикального озеленения для улучшения микроклиматических условий весьма целесообразно, оно защищает здание от солнечных лучей летом и не препятствует их проникновению в здание зимой.

Задача градостроителей, архитекторов, озеленителей и в определенной мере климатологов и состоит в том, чтобы сгладить неблагоприятное и вредное влияние города, полнее использовать и учесть те возможности, которые предоставляет нам природа. Для Киева изрезанный рельеф местности, разнообразие растительного мира, река Днепр, многочисленные озера, пруды и пригородные леса, благоприятные климатические условия — все это естественные средства оздоровления населения.

Строительство новых жилых массивов, размещение жилых зданий необходимо проводить с учетом расположения промышленных предприятий и повторяемости ветров, характерной для данного района. Жилые кварталы должны быть удалены от индустриальных центров и расположены перед ними по преобладающему ветру.



## II. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

В настоящее время ученые различных стран уделяют все большее внимание проблеме изменения климата как в отдельных районах Земли, так и в целом по северному и южному полушариям. Это обусловлено тем, что уже в начале 30-х годов было обнаружено потепление климата в северных районах, а в последующем изменение климата было прослежено и в других районах Земли. Кроме того, установлено, что определенные изменения климата вызываются антропогенными факторами, а их роль в ближайшие десятилетия значительно возрастет.

Исследования колебаний средней годовой температуры северного полушария за период 1881—1960 гг., выполненные в СССР, показали, что в первую половину периода в северном полушарии преобладало потепление климата, а начиная с 1940 г., наблюдалось четко выраженное похолодание, которое в конце 60-х годов вновь сменилось потеплением. Одновременно было установлено, что в отдельных районах северного полушария многолетний ход температуры мог существенно отличаться от преобладающего над полушарием.

В связи с этим представляет интерес рассмотреть вековой ход температуры и осадков в Киеве и выявить его особенности на фоне глобальных изменений. С этой целью проведен анализ многолетних однородных данных инструментальных измерений температуры воздуха и количества выпадающих осадков в Киеве, начиная с 1861 г.

На рис. 72 представлен вековой ход средней годовой температуры воздуха по Киеву за период 1861—1977 гг., а также средняя его величина (тренд), характеризующая основную закономерность изменения температуры во времени. При расчете тренда использован полином 3-й степени, а его параметры определялись с применением метода наименьших квадратов.

Величины средних годовых температур за рассматриваемый период отклоняются от средней (по тренду) не более чем на  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ . В целом за этот период величины средней годовой температуры в Киеве непрерывно возрастали и это увеличение составило около  $1,5^{\circ}\text{C}$ . За последние 50 лет наиболее холодными

были 1976 (средняя температура которого равна  $6,5^{\circ}\text{C}$ ), 1900 ( $6,4^{\circ}\text{C}$ ), 1956 ( $6,0^{\circ}\text{C}$ ), 1940 ( $5,8^{\circ}\text{C}$ ), 1933 ( $5,4^{\circ}\text{C}$ ) и 1942 гг. ( $5,1^{\circ}\text{C}$ ), а наиболее теплыми 1975 ( $9,7^{\circ}\text{C}$ ), 1966 ( $8,7^{\circ}\text{C}$ ), 1930 ( $8,5^{\circ}\text{C}$ ), 1938 ( $8,5^{\circ}\text{C}$ ) и 1939 гг. ( $8,4^{\circ}\text{C}$ ), причем 1975 г. является наиболее теплым за весь период инструментальных измерений в Киеве (с 1816 г.).

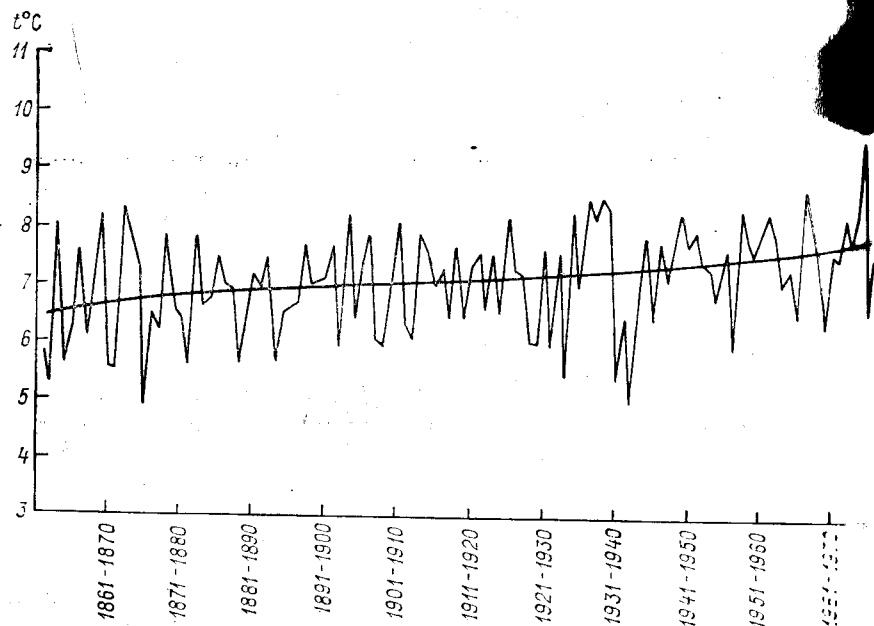


Рис. 72. Средняя температура воздуха  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ). Год.  
1 — фактический ход, 2 — вековой ход (тренд).

Для ответа на вопрос, каков вклад отдельных сезонов в изменение средней годовой температуры воздуха за рассматриваемый период, на рис. 73 приведен многолетний ход температуры по сезонам за тот же период (1861—1977 гг.), осредненный по скользящим пятилетиям. Осреднение проведено для того, чтобы уменьшить величины случайных отклонений и облегчить выявление основных закономерностей изменений температуры, которые представлены в виде тренда (рассчитанного по данным скользящих пятилетий). Оказалось, что и после осреднения изменчивость средней сезонной температуры весьма велика, особенно в весенний и зимний сезоны, когда отклонения от тренда достигают в отдельные годы  $1,5$ — $2,0^{\circ}\text{C}$ . Многолетний ход температуры в летний и осенний сезоны описывается почти правильной синусоидой, причем во вторую поло-

вину XIX в. наблюдается понижение температуры в эти сезоны, в первую половину текущего столетия — ее медленное повышение, а в последние 20—25 лет — вновь понижение. В итоге в летний сезон температура за рассмотренный период осталась без изменений, а в осенний — повысилась на  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Наибольшие изменения средней температуры произошли в зимний и весенний сезоны. Несмотря на значительные колебания температуры, преобладающий ход температуры (тренд) для этих сезонов показывает, что многолетний ход температуры противо-

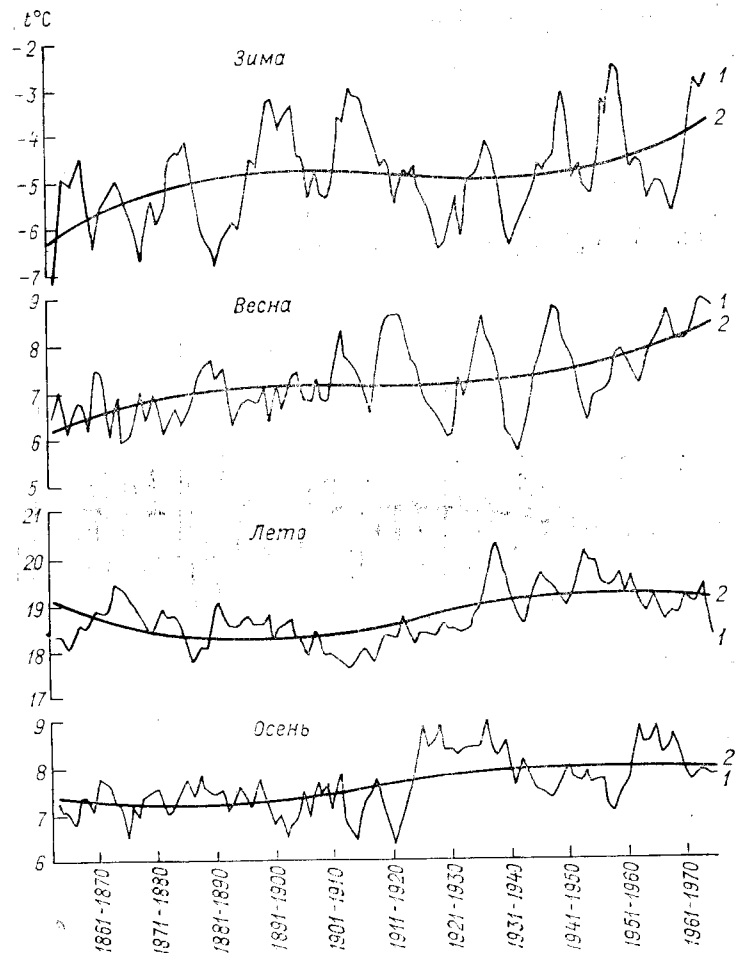


Рис. 73. Средняя температура воздуха  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) в отдельные сезоны.

1 — скользящие 5-летние средние, 2 — вековой ход (тренд), рассчитанный по данным скользящих пятилетий.

ложен рассмотренному выше для лета и осени. Вторая половина XIX в. характеризуется ростом температуры, первая половина текущего столетия — небольшим повышением температуры весной и понижением зимой, а в последние 25—30 лет отмечается значительный рост температуры в весенний и зимний сезоны. В итоге величины средней температуры в зимний и весенний сезоны за 100-летний период возросли более чем на  $2,0^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, за последнее столетие в Киеве произошло существенное потепление в зимний и весенний сезоны, а температурный режим летом и осенью остался по существу без изменений.

На рисунках не приведен фактический ход температуры в отдельные месяцы. Укажем лишь, что отклонения средней месячной температуры от многолетнего значения в отдельные месяцы существенно превышают величину отклонений средней сезонной температуры. Так, в июле величины отклонений достигают  $2-3^{\circ}\text{C}$ , в апреле и октябре  $4-5^{\circ}\text{C}$ , а в январе  $7-8^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 74 приведен вековой ход годовых количеств осадков

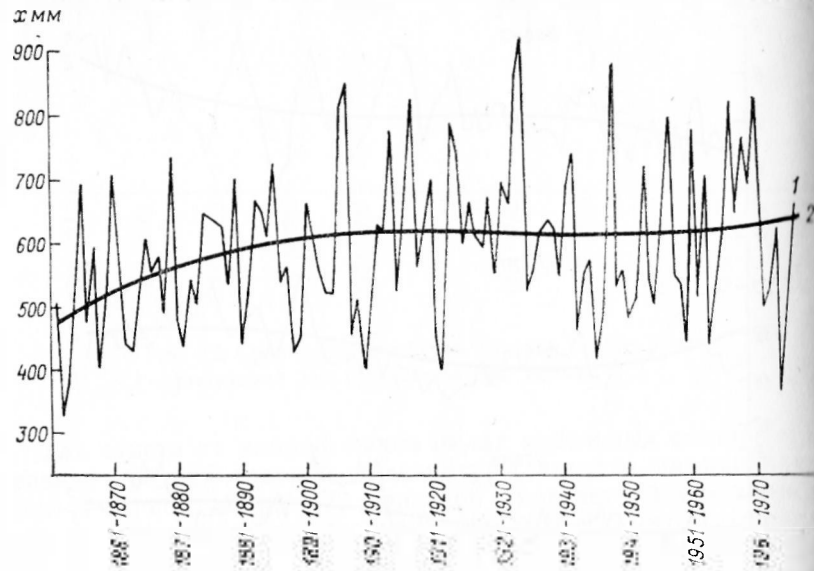


Рис. 74. Количество осадков (мм). Год.  
Усл. обозначения см. рис. 72.

по Киеву за период 1861—1977 гг., а также осредненная его величина (тренд), характеризующая основную закономерность изменения годовых сумм осадков во времени. Как видно из рисунка, суммы осадков в отдельные годы могут отклоняться от тренда на 40—50%.

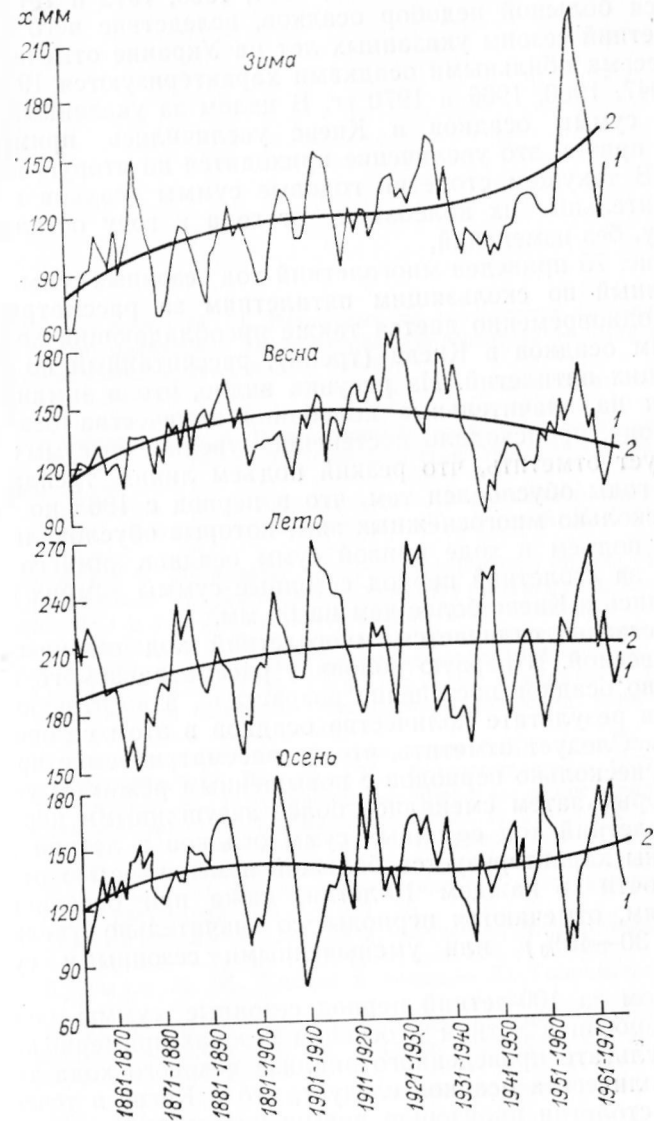


Рис. 75. Количество осадков  $x$  (мм) в отдельные сезоны.  
Усл. обозначения см. рис. 73.

Так, в 1921, 1934, 1946, 1950, 1954, 1963, 1972 и 1975 гг. наблюдался большой недобор осадков, вследствие чего в весенний и летний сезоны указанные лет на Украине отмечалась засуха. Весьма обильными осадками характеризуются 1906, 1916, 1933, 1947, 1960, 1966 и 1970 гг. В целом за указанный период годовые суммы осадков в Киеве увеличились примерно на 100 мм, причем это увеличение приходится на вторую половину XIX в. В текущем столетии годовые суммы осадков несмотря на значительные их колебания от года к году остались, по существу, без изменений.

На рис. 75 приведен многолетний ход сезонных сумм осадков, осредненный по скользящим пятилетиям за рассматриваемый период, одновременно дается также преобладающий ход сезонных сумм осадков в Киеве (тренд), рассчитанный по данным скользящих пятилетий. Из рисунка видно, что в зимний сезон, несмотря на значительные колебания количества осадков от года к году, происходило постепенное увеличение сумм осадков.

Следует отметить, что резкий подъем линии тренда в последние годы обусловлен тем, что в период с 1968 по 1972 гг. было несколько многоснежных зим, которые обусловили значительный подъем в ходе кривой сумм осадков зимнего сезона. В целом за столетний период сезонные суммы зимних осадков увеличились в Киеве более чем на 60 мм.

Существенно отличается многолетний ход сезонных сумм осадков весной. В первую половину рассматриваемого периода количество осадков постепенно возрастало, а во вторую уменьшалось, в результате количество осадков в этом сезоне не изменилось. Следует отметить, что за рассматриваемое время отмечается несколько периодов с повышенным режимом увлажнения, которые затем сменялись более засушливыми периодами.

Многолетний ход сезонных сумм осадков в летний и осенний сезоны характеризуется большой изменчивостью от года к году. Почти в каждом 10-летии, даже при осреднении по пятилетиям, отмечаются периоды со значительно увеличенными (на 30—40%) или уменьшенными сезонными суммами осадков.

В целом за 100-летний период сезонные суммы осадков в Киеве возросли в летнем и осеннем сезонах примерно на 20 мм.

В результате проведенного анализа векового хода температуры и количества осадков следует, что в Киеве в течение последнего столетия произошло повышение средней годовой температуры, сопровождающееся некоторым увеличением годовых сумм осадков. Величина средней годовой температуры за пятилетие 1971—1975 гг., равная 7,9°C, сто лет назад отмечалась в Киеве лишь в экстремально теплые годы. Есть основания считать, что определенный вклад в указанное повышение температуры, особенно в зимне-весенний сезон, обусловлен влиянием промышленно-энергетического комплекса города.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авенариус М. П. Некоторые из результатов 12-летних наблюдений на Метеорологической обсерватории Университета св. Владимира.—Университетские известия, 1868, № 8, с. 60—77.
2. Агрокліматичний довідник по адміністративним районам Київської області. За ред. Т. К. Богатиря.—Київ, 1966.—140 с.
3. Айзенштат Б. А. Радиационный баланс и температура поверхности почвы в Ташкенте.—Труды Ташкентской геофизической обсерватории, 1957, вып. 13, с. 3—74.
4. Айзенштат Б. А. Методы расчета и результаты определений некоторых биоклиматических характеристик.—Труды САРНИГМИ, 1965, вып. 22(37), с. 3—41.
5. Алисов Б. П. Климат СССР.—М.: Высшая школа, 1960.—104 с.
6. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии. Ч. 1 и 2.—Л.: Гидрометеониздат, 1952.—480 с.
7. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Метеорологические факторы теплового режима зданий.—Л.: Гидрометеониздат, 1973.—235 с.
8. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С., Мандель Д. Г. Климатическая изменчивость месячных теплопотерь зданий и норм отопления.—Труды ГГО, 1974, вып. 337, с. 3—18.
9. Аэроклиматический справочник СССР. Основные аэроклиматические характеристики. Вып. 2.—М.: Гидрометеониздат, 1957.—450 с.
10. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы.—Л.: Гидрометеониздат, 1975.—448 с.
11. Биоклиматический атлас Средней Азии. Сост. Б. А. Айзенштат.—М.: Гидрометеониздат, 1973.—156 с.
12. Богатырь Л. Ф. Траектории циклонов на территории Украины.—Труды УкрНИГМИ, 1957, вып. 7, с. 15—36.
13. Брагинская Л. Л. Об изменчивости эффективной температуры теплопотерь зданий.—Труды ГГО, 1976, вып. 374, с. 22—37.
14. Будыко М. И. Климат и жизнь.—Л.: Гидрометеониздат, 1971.—472 с.
15. Бутьева И. В. Зональные особенности метеорологических условий теплоощущения человека.—В кн.: Вопросы географии. Сб. 89. Климат и человек. М.: Мысль, 1972, с. 51—54.
16. Бучинский В. Е. Атлас обледенения проводов.—М.: Гидрометеониздат, 1955.—21 с.
17. Бучинский И. Е. Климат Украины.—Л.: Гидрометеониздат, 1960.—130 с.
18. Бызова Н. Л. Методическое пособие по расчету рассеяния примесей в пограничном слое атмосферы по метеорологическим данным.—М.: Гидрометеониздат, 1973.—48 с.
19. Бызова Н. Л. Рассеяние примесей в пограничном слое атмосферы.—М.: Гидрометеониздат, 1974.—192 с.
20. Вас Н. И., Вас Д. М. Короткий історичний нарис організації і розвитку Укрмету.—Погода й життя, 1925, № 9—10, с. 29—37.

21. Веселов Е. П., Рудаков Л. М. Метеорологические условия образования и прогноз гололедицы. — Методическое письмо. — М.: Гидрометеониздат, 1971, с. 16.
22. Волеваха Н. М. К методике краткосрочного прогноза гололеда. — Труды УкрНИГМИ, 1960, вып. 21, с. 38—49.
23. Ворончук М. М. Вероятностное представление и оптимизация использования гидрометеорологических прогнозов. — В кн.: Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. — Л.: Гидрометеониздат, 1973, с. 111—118.
24. Гавриленко Н. М. Синоптические условия метелей на территории Украинской ССР. — Труды УкрНИГМИ, 1956, вып. 5, с. 210—224.
25. Гойса Н. И. Об учете облачности при климатологических расчетах суммарной радиации и эффективного излучения. — Труды УкрНИГМИ, 1963, вып. 35, с. 42—61.
26. Гойса Н. И. Эффективное излучение и радиационный баланс подстилающей поверхности территории Украины и Молдавии. — Труды УкрНИГМИ, 1964, вып. 41, с. 3—22.
27. Гольцберг М. А. Мезо- и микроклиматические особенности окрестностей Ленинграда. — Труды ГГО, 1974, вып. 339, с. 25—34.
28. Голуб Е. В. Расчетные графики-нограммы и их практическое использование. — Метеорология, климатология и гидрология, 1965, вып. 1, с. 51—55.
29. Гришко В. И. Прозрачность атмосферы на Украине и в Молдавии. — Труды УкрНИГМИ, 1967, вып. 65, с. 40—58.
30. Гук М. І., Половко І. К., Прихотько Г. Ф. Клімат Української РСР. — Київ: Радянська школа, 1958. — 72 с.
31. Доклады по прикладной климатологии на ВДНХ СССР. Климаты больших городов СССР. — Информационное письмо ГУГМС, 1976, № 20, 192 с.
32. Дроздов О. А. Основы климатологической обработки метеорологических наблюдений. — Л.: Гидрометеониздат, 1956. — 302 с.
33. Жук К. Н. Атмосферные осадки г. Киева. По наблюдениям Метеорологической обсерватории Университета св. Владимира с 6 VI 1855 по 31 XII 1861 г. — Университетские известия, 1862, с. 82—87.
34. Жук К. Н. Температура на поверхности земли (1884—1887 гг.). — Университетские известия, 1888, № 8, с. 51—70.
35. Жук К. Н. Наблюдения Метеорологической обсерватории Политехнического института в Киеве за 1901. — Метеорологический вестник, 1903, № 1, с. 27—35.
36. Заварина М. В. Строительная климатология. — Л.: Гидрометеониздат, 1976. — 312 с.
37. Заварина М. В., Глухов В. П. К методике расчета гололедных и гололедно-ветровых нагрузок на проводах воздушных линий. — Информационное письмо ГУГМС, 1972, № 19, с. 120—129.
38. Заварина М. В., Швер Ц. А. Гололедно-ветровые нагрузки. — Информационное письмо ГУГМС, 1966, № 15, с. 24—30.
39. Заварина М. В., Швер Ц. А. Результат климатологических разработок применительно к гололедному районированию территории СССР. — Труды ГГО, 1966, вып. 200, с. 16—32.
40. Зверев А. С. Синоптическая метеорология и основы предвычисления погоды. — Л.: Гидрометеониздат, 1968. — 173 с.
41. Имянитов И. М., Чубарина Е. В. Электричество свободной атмосферы. — Л.: Гидрометеониздат, 1965. — 240 с.
42. Кайгородов А. И. Естественная зональная классификация климатов земного шара. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 119 с.
43. Климат Владивостока. Под ред. Ц. А. Швер. — Л.: Гидрометеониздат, 1978. — 167 с.
44. Климат города Горького. Под ред. Т. В. Покровской. — Л.: Гидрометеониздат, 1969. — 224 с.
45. Климат города Казани. Под ред. Н. В. Колобова. — Казань: Изд-во Казанского Университета, 1976. — 210 с.
46. Климат Минска. Под ред. М. А. Гольберга. — Минск: Высшая школа, 1976. — 288 с.
47. Климат Москвы. Под ред. А. А. Дмитриева, Н. П. Бессонова. — Л.: Гидрометеониздат, 1969. — 324 с.
48. Климат Украины. Под ред. Г. Ф. Прихотько, А. В. Ткаченко, В. Н. Бабиченко. — Л.: Гидрометеониздат, 1967. — 413 с.
49. Кобышева Н. В. Косвенные расчеты климатических характеристик. — Л.: Гидрометеониздат, 1971. — 191 с.
50. Колоколов В. П., Камышанова В. А. Характеристика грозовой деятельности в Киеве в 1964 г. по инструментальным наблюдениям. — Труды ГГО, 1966, вып. 188, с. 11—14.
51. Константинов А. Р. и др. Тепловой и водный режим Украины/А. Р. Константинов, Л. И. Сакали, Н. И. Гойса, Р. Н. Олейник. — Л.: Гидрометеониздат, 1966. — 592 с.
52. Копанев И. Д. Изменчивость продолжительности залегания устойчивого снежного покрова на территории СССР. — Труды ГГО, 1976, вып. 349, с. 14—26.
53. Копанев И. Д. Временная изменчивость высоты снежного покрова на территории СССР. — Труды ГГО, 1977, вып. 390, с. 3—18.
54. Коржов В. А., Корнилова Р. П., Шварева Ю. Н. Пространственно-временные закономерности распределения местной погоды на Украине и в Молдавии. — В кн.: Материалы метеорологических исследований. Исследования структур климата в погодах. — М.: 1976, с. 81—92.
55. Кошаренко А. М. Рекомендации к прогнозу фронтальных гололедов на Украине. — Труды УкрНИГМИ, 1972, вып. 113, с. 3—8.
56. Кошинский С. Д. Об оптимальном периоде наблюдений при расчете скоростей ветра малой обеспеченности. — Труды ЗСРНИГМИ, 1975, вып. 16, с. 56—68.
57. Кошинский С. Д., Курыгина Л. И. Характеристика ветрового режима пограничного слоя атмосферы над юго-востоком Западной Сибири. — Труды ЗСРНИГМИ, 1976, вып. 24, с. 18—44.
58. Краткий агроклиматический справочник Украины. Под ред. К. Т. Логвинова. — Л.: Гидрометеониздат, 1976. — 256 с.
59. Лаптев А. А., Барановский Е. Д. Зеленые богатства Киева. — Киев: Урожай, 1966. — 118 с.
60. Лебедев А. Н. Климат СССР. Вып. 1. Европейская территория СССР. — Л.: Гидрометеониздат, 1958. — 368 с.
61. Лебедев А. Н. Графики и карты для расчета климатических характеристик различной обеспеченности для Европейской территории СССР. — Л.: Гидрометеониздат, 1960. — 116 с.
62. Лебедев А. Н. Продолжительность дождей на территории СССР. — Л.: Гидрометеониздат, 1964. — 510 с.
63. Логвинов К. Т., Бабиченко В. Н., Кулаковская М. Ю. Опасные явления погоды на Украине. — Л.: Гидрометеониздат, 1972. — 236 с.
64. Матвеев Л. Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. — Л.: Гидрометеониздат, 1976. — 640 с.
65. Машинский Л. О. Город и природа. — М.: Стройиздат, 1973. — 228 с.
66. Методические указания к четвертой части «Справочника по климату СССР». Разд. 2. Атмосферные осадки. — Л., 1964. — 134 с.
67. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Под ред. О. А. Дроздова. — Л.: Гидрометеониздат, 1957. — 492 с.
68. Микроклимат СССР. Под ред. И. А. Гольцберг. — Л.: Гидрометеониздат, 1967. — 284 с.
69. Минх А. А. Ионизация воздуха и ее гигиеническое значение. — М.: Медгиз, 1963. — 352 с.
70. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. — М.: Физматгиз, 1971. — 576 с.



71. Мучник В. М. Физика грозы. — Л.: Гидрометеоздат, 1964. — 351 с.
72. Никберг И. И., Полицкий Н. М., Бергер В. И. Влияние погодных условий на течение инфаркта миокарда. — Врачебное дело, 1976, № 7, с. 81—85.
73. Нічкєвич О. Н. Суми прямої сонячної радіації у Києві 1926 г. — Київ: Вид-во АН УРСР, 1928. — 22 с.
74. Нуждина М. А. Изменения температуры и количества осадков в Киеве и солнечная активность. — Труды УкрНИГМИ, 1977, вып. 154, с. 132—142.
75. Озеленение городов. — Киев: Будівельник, 1966. — 342 с.
76. Орлов В. Н. Вопросы методики измерения температуры подстилающей поверхности с помощью длинноволновых РТЭ ЛЭТИ. — Труды УкрНИГМИ, 1971, вып. 3.
77. Парамонов Н. А. Исследование связи между активностью солнца и градиентом потенциала электрического поля в атмосфере по материалам станций Советского Союза за 1957—1967 гг. — Труды ГГО, 1969, вып. 242, с. 125—129.
78. Покровская Т. В., Бычкова А. В. Климат Ленинграда и его окрестностей. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 197 с.
79. Половко І. К. Про зведення кліматичних елементів Київa до польових умов. Збірник праць Геофізичної обсерваторії, вид. АН УРСР, № 1, 1938.
80. Половко І. К. 75-річчя Київської метеорологічної обсерваторії. — Погода й життя, 1930, № 5, с. 21—30.
81. Половко І. К. Кліматичні елементи Києва (1881—1930). — Київ: Вид-во КДУ, 1937. — 195 с.
82. Половко І. К., Щербань М. И. Климат Киевской области. — В кн.: Природа Киевской области. Киев, 1972, с. 53—78.
83. Положеніє о сборе сведений и порядке предупреждений об особо опасных гидрометеорологических явлениях. — М.: Гидрометеоздат, 1972. — 19 с.
84. Проект устройства речной гавани у г. Киева в заливе Днепра «Оболонь». — Киев, 1891. — 25 с.
85. Прох Л. З. К характеристике туманов Украины. — Труды УкрНИГМИ, 1960, вып. 55, с. 43—53.
86. Прох Л. З. Пори року на Київщині. — Київ: Київське обласне книжково-газетне видавництво, 1963. — 76 с.
87. Прох Л. З. К радиационной характеристике сезона туманов. — Труды УкрНИГМИ, 1966, вып. 55, с. 54—63.
88. Прох Л. З. Клімат Києва. — Київ: Урожай, 1973. — 62 с.
89. Прох Л. З. Вековые колебания температуры и осадков в Киеве. — Труды УкрНИГМИ, 1975, вып. 138, с. 95—110.
90. Прох Л. З. Характеристика штормовых и ураганных ветров на западе Украины. — Труды УкрНИГМИ, 1976, вып. 154, с. 74—88.
91. Раевский А. Н. Расчетные районы гололедности на территории Украины и их краткая характеристика. — Метеорология, климатология и гидрология, 1966, вып. 2, с. 43—49.
92. Рекомендации по описанию климата большого города. Ч. 1. — Л., 1976. — 143 с.
93. Рекомендации по описанию климата большого города. Ч. 2. Микро- и мезоклиматическое описание города. — Л., 1977. — 68 с.
94. Розова К. С. Бездощові періоди на Україні. — Київ: Вид-во Української академії с.-г. наук, 1961. — 70 с.
95. Рубцов Л. И., Лаптев А. А. Справочник по зеленому строительству. — Київ: Будівельник, 1971. — 311 с.
96. Савельев Р. П. Обзор актинометрических наблюдений, произведенных в Киеве с 1888 по 1895. — Метеорологический вестник, 1897, с. 27—39.
97. Сакали Л. И. Тепловой баланс Украины и Молдавии. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — 334 с.
98. Сакали Л. И., Свирина В. В. Опыт оценки влияния леса на содержание окислов углерода в атмосфере на территории УССР. — Труды УкрНИГМИ, 1976, вып. 141, с. 90—94.
99. Сапожникова С. А. Микроклимат и местный климат. — Л.: Гидрометеоздат, 1950. — 240 с.
100. Северин С. И. Комплексное озеленение в благоустройстве городов. — Киев: Будівельник, 1975. — 230 с.
101. Симонов Н. В. Запасы энергии ветра в СССР. — М.: 1933. — 157 с.
102. Справочник по климату СССР. Вып. 10. Ч. 1—5. — Л.: Гидрометеоздат, 1966, 1967, 1969. — 643 с.
103. Тверской П. Н. Атмосферное электричество. — Л.: Гидрометеоздат, 1949. — 251 с.
104. Темникова Н. С. Климат Риги и Рижского взморья. — Л.: Гидрометеоздат, 1969. — 160 с.
105. Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. СН 369-74. — М.: Стройиздат, 1975. — 42 с.
106. Федоров Е. Е., Чубуков Л. А. Основы комплексной климатологии, ее развитие и современное состояние. — В кн.: Вопросы комплексной климатологии. — М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 5—12.
107. Формы таблиц к макету климатического описания большого города. — Л., 1975. — 35 с.
108. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. — Л.: Гидрометеоздат, 1974. — 568 с.
109. Цвид А. А. Комплексный учет климатических факторов в строительстве на Дальнем Востоке. — Труды ГГО, 1963, вып. 149, с. 62—71.
110. Шарова В. Я. Число дней с осадками различной величины на территории Европейской части СССР и Кавказа. — Л.: Гидрометеоздат, 1958. — 144 с.
111. Шахнович А. В., Слисаренко Л. П., Ткаченко М. П. Изучению микроклимата большого города (на примере г. Киева). — Труды УкрНИГМИ, 1977, вып. 157, с. 75—88.
112. Шварева Ю. Н. Радиационные характеристики и основные закономерности пространственно-временного распределения погоды на территории СССР. — Вопросы географии. Сб. 89. Климат и человек. — М.: Мысль, 1972, с. 29—46.
113. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1976. — 302 с.
114. Шелайховский Г. В. Микроклимат южных городов. — М.: Изд-во Академии мед. наук СССР, 1948. — 119 с.
115. Шкадова А. А. Характеристики температур на глубинах применительно к проектированию и строительству. — Труды ГГО, 1977, вып. 391, с. 95—101.
116. Щербань М. И. Солнечная радиация в Киеве. — Труды Киевской геофизической обсерватории, 1952, вып. 1, с. 75—90.
117. Щербань М. И. Микроклиматические особенности г. Киева. — Научные записки Киевского госуниверситета. Сборник географического факультета, 1958, № 5, с. 77—89.
118. Щербань М. И. Грозовой режим в районе Киева. — Труды УкрНИГМИ, 1971, вып. 120, с. 83—87.
119. Яковлев Б. А. Климат Мурманска. — Л.: Гидрометеоздат, 1972. — 107 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Средняя, минимальная и максимальная температура воздуха. Киев, обсерватория

Число месяца	Средняя суточная					Минимальная					Максимальная							
	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	$\sigma$	наибо- лее низкая	наибо- лее низкая	год	средняя	$\sigma$	наибо- лее вы- сокая	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	$\sigma$	наибо- лее низкая			
Январь																		
1	4,1	1902	-5,0	6,4	-19,4	1905	-22,8	1896, 1909, 1970	-7,5	6,9	2,3	1936	7,4	1973	-2,8	5,9	-17,6	1896
2	4,1	1902	-5,2	6,2	-18,7	1942	-21,8	1942	-7,6	6,8	1,6	1902	6,5	1902	-2,9	5,6	-15,6	1963
3	4,0	1899	-5,2	6,4	-22,2	1942	-27,7	1908	-8,3	7,5	9,5	1939	6,1	1899	-2,8	5,7	-19,0	1942
4	7,6	1925	-4,8	5,9	-24,4	1894	-26,3	1942	-7,5	6,6	2,4	1920	8,6	1925	-2,4	5,5	-20,4	1894
5	5,8	1961	-4,8	5,9	-24,8	1935	-26,8	1935	-7,5	6,5	4,3	1961	8,4	1925	-2,2	5,3	-16,0	1935
6	3,4	1961	-4,8	5,5	-28,4	1935	-30,8	1935	-7,6	5,9	2,2	1961	9,4	1975	-2,4	5,3	-25,6	1935
7	4,8	1919	-5,3	6,0	-26,4	1935	-29,7	1935	-7,8	6,6	1,2	1921	8,0	1975	-2,6	5,1	-23,8	1935
8	2,8	1916	-6,0	6,3	-24,1	1935	-26,6	1935	-8,7	6,9	0,9	1916, 1921	6,1	1919	-3,2	5,8	-21,0	1940
9	3,9	1902	-6,4	6,9	-26,7	1940	-29,2	1940	-9,0	7,5	1,5	1948	5,8	1902	-3,6	5,9	-19,6	1935
10	2,7	1921	-6,3	6,9	-28,6	1940	-30,7	1940	-9,1	7,6	1,7	1957	6,0	1959	-3,6	5,8	-17,5	1904
11	7,0	1921	-6,2	6,9	-28,3	1950	-31,1	1950	-9,0	7,4	5,2	1921	9,6	1921	-3,7	6,4	-25,2	1950
12	4,1	1903	-6,2	6,4	-21,4	1950	-26,9	1950	-9,2	7,0	1,7	1921	6,7	1921	-3,5	6,0	-18,0	1942, 1950
13	3,6	1946	-6,0	6,4	-20,2	1950	-26,2	1950	-8,7	7,0	1,8	1946	5,6	1946	-3,4	5,8	-16,3	1963, 1972
14	4,7	1921	-5,6	6,1	-21,9	1896	-24,3	1896	-8,4	6,7	1,4	1962	7,8	1921	-3,1	5,5	-18,1	1896
15	3,2	1975	-5,9	5,8	-21,2	1943	-24,7	1943	-8,6	6,6	1,3	1970	7,9	1975	-3,2	5,3	-19,0	1943
16	1,9	1952	-6,0	5,5	-19,2	1943	-24,3	1943	-8,9	6,3	1,1	1970	4,5	1918	-3,4	5,2	-15,8	1943
17	3,1	1899	-6,0	5,9	-22,8	1940	-24,9	1940	-8,8	6,5	1,6	1895	6,4	1918	-3,0	5,4	-18,7	1940
18	2,8	1925	-5,9	6,0	-19,5	1942	-22,8	1950	-8,4	6,4	0,4	1925, 1958	5,1	1939	-3,2	5,6	-18,2	1942
19	3,1	1939	-6,2	6,1	-18,7	1950	-23,0	1942	-8,7	6,8	1,7	1939	5,0	1918	-3,8	5,6	-15,5	1950
20	4,9	1952	-6,1	6,4	-22,6	1907	-26,5	1907	-8,9	6,8	2,9	1952	6,1	1952	-3,4	5,9	-15,7	1942
21	2,8	1899	-5,7	6,1	-21,0	1907	-28,1	1907	-8,8	6,8	2,4	1976	5,7	1918	-3,1	5,7	-17,8	1907
22	4,2	1899	-5,8	6,5	-23,8	1907	-26,5	1907	-8,6	6,8	4,0	1976	7,4	1899	-2,7	6,0	-21,0	1907
23	4,7	1899	-6,4	6,6	-21,9	1942	-26,0	1942	-9,1	7,0	2,4	1971	9,0	1899	-3,4	6,4	-18,8	1942
24	3,8	1971	-6,8	6,4	-23,4	1892	-27,1	1892	-9,6	6,9	3,2	1971	8,4	1899	-3,8	6,0	-18,8	1925
25	3,3	1902	-7,2	6,5	-21,9	1942	-25,6	1892	-9,9	6,9	1,1	1897	5,9	1902	-4,1	5,9	-18,9	1942
26	3,3	1902	-6,7	6,1	-18,3	1898	-22,4	1891	-10,0	6,9	1,0	1974	6,7	1975	-3,9	5,9	-16,1	1922
27	4,9	1902	-6,4	6,4	-21,9	1954	-24,7	1954	-9,2	7,0	3,0	1902	7,7	1902	-3,5	5,8	-17,9	1954
28	2,4	1971	-6,3	6,2	-19,8	1892	-23,0	1878	-9,2	6,9	1,1	1960	6,3	1902	-3,3	5,7	-14,1	1972
29	3,1	1906	-6,3	6,0	-19,7	1909	-22,5	1909	-9,0	6,6	2,1	1936	5,9	1906	-3,5	5,6	-15,5	1909
30	3,0	1903	-6,5	6,3	-22,0	1909	-25,0	1941	-9,6	6,9	1,1	1903	4,7	1938	-3,4	5,8	-19,1	1909
31	3,3	1903	-6,5	6,9	-22,4	1956	-25,2	1954	-9,5	7,6	1,0	1965	5,3	1955	-3,6	6,3	-19,3	1954
Февраль																		
1	3,9	1925	-6,2	6,7	-25,8	1956	-28,8	1956	-8,9	7,5	1,8	1948	5,9	1921, 1925	-3,2	6,0	-21,6	1956
2	3,3	1914	-5,3	5,9	-21,5	1929	-25,3	1929	-8,0	6,7	2,4	1914	6,4	1968	-2,6	5,4	-17,1	1956
3	2,9	1914	-5,3	6,1	-23,9	1956	-26,2	1956	-7,9	6,6	1,5	1944	7,5	1914	-2,5	5,4	-19,5	1911
4	5,0	1944	-5,0	6,5	-21,8	1893	-26,7	1911	-8,0	7,2	2,5	1935	8,5	1944	-2,2	5,8	-17,4	1893
5	3,8	1913	-5,2	6,5	-20,0	1893	-26,0	1893	-8,0	7,5	2,9	1913	6,1	1904	-2,1	5,5	-15,6	1953
6	2,8	1936	-5,2	6,9	-27,2	1929	-30,4	1929	-8,1	7,8	1,5	1903, 1955	5,6	1914	-2,4	6,0	-22,2	1929
7	3,6	1925	-5,1	6,6	-27,4	1929	-32,2	1929	-8,2	7,8	2,0	1966	7,3	1925	-2,3	5,8	-23,7	1929
8	4,1	1894	-5,2	6,1	-23,4	1929	-28,5	1929	-8,2	6,8	2,1	1973	7,3	1894	-2,3	5,4	-18,1	1929
9	3,9	1973	-5,9	6,3	-26,4	1929	-32,2	1929	-8,8	7,0	1,7	1957	7,7	1973	-2,6	5,6	-20,6	1929
10	4,4	1973	-5,8	6,2	-18,7	1932	-24,6	1911	-9,0	7,1	2,8	1973	8,1	1973	-2,9	5,5	-15,2	1932
11	4,0	1918	-5,7	6,3	-20,1	1909	-25,0	1909	-8,9	7,2	2,8	1974	8,8	1958	-2,7	5,6	-16,4	1911
12	4,5	1894	-4,9	6,0	-22,3	1929	-27,4	1929	-8,2	6,6	1,9	1896	8,2	1894	-1,8	5,6	-19,4	1929
13	5,3	1939	-4,5	5,6	-23,3	1911	-29,1	1911	-7,7	6,4	3,2	1939	8,9	1939	-1,4	5,3	-18,7	1911
14	4,4	1975	-4,7	5,3	-23,3	1911	-22,3	1911	-7,5	5,7	1,8	1975	8,5	1975	-1,7	4,7	-18,5	1911
15	3,8	1899	-5,0	5,0	-20,4	1911	-27,3	1911	-8,3	5,7	0,9	1950	7,5	1899	-1,7	4,6	-15,7	1911
16	5,2	1957	-5,3	5,3	-16,6	1907	-23,2	1911	-8,8	5,8	1,5	1904	11,8	1957	-2,0	4,9	-13,3	1911
17	4,5	1974	-5,1	5,4	-16,4	1954	-21,8	1892	-8,6	6,3	1,7	1974	11,1	1974	-1,9	5,2	-13,0	1954
18	5,0	1950	-4,7	5,3	-16,9	1954	-20,7	1947, 1954	-7,9	5,8	3,9	1950	8,6	1950	-1,8	4,9	-13,6	1954
19	5,6	1925	-5,2	5,8	-19,8	1917	-24,3	1954	-8,1	6,5	2,2	1950	10,8	1925	-1,9	5,1	-15,3	1954
20	4,7	1925	-5,3	5,5	-16,9	1927, 1954	-25,0	1895	-8,5	6,6	2,2	1925	9,2	1925	-2,0	5,0	-13,6	1917
21	3,3	1977	-5,2	5,5	-18,9	1929	-22,1	1929	-8,3	6,4	2,1	1977	8,4	1977	-1,8	4,9	-14,5	1929
22	5,8	1977	-4,8	5,1	-17,2	1927	-25,0	1929	-8,3	6,2	4,5	1977	9,5	1903	-1,3	4,5	-12,7	1927

Число месяц	Средняя суточная						Минимальная					Максимальная						
	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год	наибо- лее низкая	год	средняя	σ	наибо- лее вы- сокая	год	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год
23	5,3	1966	-4,2	5,0	-18,0	1945	-21,7	1945	-7,4	5,7	2,1	1966	9,4	1966	-0,9	4,5	-12,1	1945
24	5,5	1903	-4,2	5,1	-17,1	1917	-20,3	1932	-6,9	5,7	2,3	1903	8,5	1903	-1,2	4,6	-12,5	1917
25	4,7	1950	-4,4	4,9	-14,3	1898	-20,7	1917	-7,4	5,8	1,6	1911	10,0	1950	-1,2	4,7	-11,0	1929
26	5,8	1950	-4,1	4,7	-15,5	1898	-19,5	1898	-7,2	5,4	3,0	1977	11,1	1950	-1,0	4,4	-10,2	1898
27	5,4	1897	-3,8	4,7	-17,9	1928	-22,7	1928	-7,0	5,7	2,3	1897,	7,9	1913	-0,6	4,1	-12,1	1928
28	5,4	1950	-3,2	4,8	-13,7	1923	-20,3	1928	5,2	5,6	3,0	1950	8,7	1903	-0,2	4,4	-11,5	1933
29	2,0	1936	-3,3	3,6	-12,7	1952	-17,9	1952	5,5	1,7	0,3	1936	3,1	1936	-0,3	3,3	-8,9	1952

## Март

1	6,2	1966	-2,7	4,4	-12,3	1891	-18,1	1926	5,5	5,2	3,1	1936	10,2	1966	0,5	4,0	-10,0	1933
2	6,6	1925	-2,6	4,6	-15,2	1929	-20,9	1929	-5,5	5,5	3,8	1966	11,7	1918	0,8	4,3	-8,5	1951
3	3,9	1925	-2,5	4,5	-15,8	1929	-22,8	1929	-5,2	5,2	2,8	1925	7,6	1925	0,7	3,7	-9,3	1929
4	6,3	1936	-2,6	4,4	-14,3	1917	-18,1	1917	-5,3	5,0	0,9	1954	13,8	1936	0,6	4,4	-11,9	1971
5	6,8	1936	-2,5	4,6	-13,1	1917	-19,3	1917	-5,4	5,5	2,5	1975	13,4	1936	0,7	4,1	-8,0	1932
6	7,0	1920	-2,1	4,6	-14,7	1964	-16,7	1964	-4,9	5,3	2,9	1962	11,9	1920	1,2	4,4	-9,8	1964
7	8,7	1920	-1,8	4,9	-20,2	1964	-24,9	1964	-4,9	5,7	3,8	1906	16,0	1920	1,3	4,6	-14,6	1964
8	8,0	1920	-1,9	5,0	-16,1	1964	-20,8	1964	-4,4	5,8	4,8	1906	13,0	1920	1,2	4,6	-9,9	1898
9	8,3	1975	-1,7	4,6	-14,9	1898	-20,0	1915	-4,5	5,6	4,4	1966	17,3	1920	1,8	4,4	-10,6	1898
10	11,0	1914	-1,7	4,8	-14,7	1898	-19,8	1898	-4,7	5,1	5,5	1914	17,0	1914	1,5	4,3	-9,2	1898
11	10,1	1914	-1,9	4,5	-15,2	1928	-20,3	1898	-4,9	4,9	4,0	1914	16,9	1914	1,6	4,7	-8,7	1898
12	8,8	1915	-1,9	4,4	-15,0	1928	-21,6	1928	-5,0	5,3	5,4	1961	14,6	1919	1,6	4,5	-8,0	1928
13	8,7	1919	-1,3	4,4	-13,3	1942	-21,2	1928	-4,4	5,3	5,6	1919	13,5	1919	2,4	4,3	-4,9	1928
14	7,9	1934	-0,5	3,6	-12,8	1942	-19,4	1902	-3,9	4,3	5,2	1934	12,3	1910	2,8	4,0	-8,9	1942
15	7,6	1934	-0,5	3,7	-13,9	1942	-18,7	1942	-3,2	4,0	3,9	1957	15,0	1972	2,9	4,3	-9,2	1942
16	8,0	1893	-0,5	1,3	-12,8	1942	-18,0	1942	-3,7	4,4	3,7	1934	13,7	1937	3,0	4,5	-7,4	1963
17	9,6	1893	-0,7	4,4	-11,3	1898	-18,1	1917	-3,9	5,0	4,9	1893	15,4	1893	2,9	5,0	-7,3	1917
18	9,5	1913	-0,6	4,5	-13,3	1898	-18,7	1898	-3,7	4,5	5,2	1934	15,6	1910	3,3	4,8	-7,3	1898
19	10,6	1910	-0,3	4,7	-12,3	1928	-16,4	1928	-3,7	5,1	5,5	1961	18,1	1974	3,7	5,2	-7,9	1952

20	9,7	1930	-0,2	4,9	-14,4	1942	-19,0	1942	-3,6	5,3	4,8	1910	16,4	1938	3,9	5,3	-9,5	1942
21	11,0	1974	0,4	4,4	-15,5	1942	-20,0	1942	-3,0	4,8	6,3	1927	20,3	1974	4,5	4,7	-9,9	1942
22	14,1	1974	0,9	4,5	-11,4	1942	-18,4	1942	-2,2	4,8	8,4	1974,	21,5	1974	4,7	5,1	-5,2	1952
23	13,7	1913	1,3	4,8	-9,3	1952	-17,3	1942	-2,3	4,8	8,4	1913	20,4	1913	5,4	5,5	-4,9	1952
24	14,4	1913	1,7	4,5	-8,0	1952	-13,1	1952	-1,8	4,5	8,8	1913	19,3	1913	5,9	5,2	-3,7	1928
25	14,0	1921	2,0	4,2	-6,5	1895	-14,3	1895	-1,3	4,4	7,5	1937	20,3	1921	5,9	4,9	-3,0	1927
26	10,9	1914	2,2	3,8	-7,9	1918	-9,3	1918	-1,1	3,4	6,3	1934	16,4	1921,	6,0	4,7	-3,2	1918
27	11,6	1921	2,6	3,9	-5,4	1918	-11,5	1899	-0,5	3,5	8,1	1914	18,4	1916	6,4	5,1	-2,2	1918
28	11,4	1892	2,6	3,7	-5,8	1952	-9,5	1899	-0,5	3,7	8,4	1914	18,0	1977	6,6	4,6	-2,5	1944
29	14,0	1903	2,7	3,9	-5,9	1952	-10,4	1899	-0,5	3,6	7,9	1903	20,6	1903	6,4	5,0	-4,3	1944
30	13,1	1968	2,6	3,9	-7,4	1942	-12,4	1942	-0,4	3,6	7,3	1947	20,2	1968	6,6	4,8	-4,1	1952
31	15,3	1968	3,2	4,2	-5,8	1931	-8,8	1929	-0,2	3,7	9,3	1968	22,4	1968	6,9	5,2	-3,2	1931

## Апрель

1	12,4	1975	3,2	4,1	-6,4	1923	-8,7	1931	-0,1	3,7	8,0	1975	18,1	1975	7,3	5,0	-2,2	1963
2	13,2	1903	3,8	3,9	-5,6	1931	-8,8	1931	0,5	3,5	9,7	1951	19,9	1897	7,7	5,1	-2,8	1929
3	14,0	1897	4,2	4,0	-4,9	1931	-10,4	1931	0,9	3,3	10,1	1945	21,5	1975	8,3	5,4	-2,8	1944
4	13,2	1976	4,5	4,0	-4,3	1929	-6,4	1931	1,0	3,4	6,9	1975	20,1	1946	8,7	5,0	-2,8	1944
5	13,7	1975	4,5	3,6	-4,8	1929	-7,5	1944	0,7	3,3	8,4	1950	22,6	1946	9,0	4,8	-2,6	1929
6	15,8	1941	5,3	4,3	-2,7	1896,	-6,6	1942	1,4	3,5	11,1	1941	24,7	1968	9,9	5,6	-0,1	1896
7	18,6	1975	5,8	4,1	-2,6	1896	-5,8	1929	1,9	3,5	9,8	1975	26,5	1975	10,1	5,2	0,6	1896
8	19,2	1975	5,4	4,3	-2,2	1896	-6,5	1944	1,9	3,7	11,5	1975	26,3	1975	9,8	5,2	-0,1	1956
9	17,1	1972	5,4	4,1	-1,5	1892	-5,1	1896	1,7	3,5	11,8	1972	23,8	1972	9,9	5,4	1,9	1926,
10	15,8	1973	5,7	4,0	-0,8	1956	-7,2	1929	1,6	3,6	9,6	1973	24,1	1973	10,4	4,9	2,0	1911,
11	14,8	1959	6,3	3,9	-0,4	1954	-3,9	1954	2,3	3,2	11,6	1977	22,7	1959	11,1	5,0	1,8	1909
12	15,5	1967	6,6	3,9	-2,2	1928	-2,9	1928	2,8	3,3	10,1	1967	22,1	1972	11,0	5,0	1,6	1928
13	17,8	1972	6,8	3,9	-0,7	1928	-4,7	1923	2,8	3,3	12,1	1967	25,6	1972	11,2	4,9	0,5	1928
14	18,7	1972	6,9	3,9	-1,8	1928	-3,9	1928	3,1	3,5	13,2	1972	25,4	1972	11,5	4,8	0,3	1928
15	17,8	1972	7,7	4,1	0,6	1905	-4,2	1923	3,4	3,4	12,4	1972	24,1	1972	12,6	5,6	1,7	1905
16	18,7	1972	8,4	4,6	-1,2	1929	-3,9	1898	4,2	3,9	11,8	1899	26,8	1972	13,2	5,7	3,3	1931
17	18,2	1972	8,8	4,5	-2,3	1929	-5,3	1929	4,4	4,0	11,9	1972	25,2	1956	13,7	5,6	1,1	1929

Число месяца	Средняя суточная						Минимальная						Максимальная					
	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год	наибо- лее низкая	год	средняя	σ	наибо- лее вы- сокая	год	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год
18	18,3	1920	9,1	4,2	-0,1	1955	-1,7	1895	4,7	3,7	11,5	1972	25,1	1920	13,8	5,3	2,7	1907
19	19,0	1920	9,5	4,0	0,1	1955	-1,4	1893	5,1	3,9	12,3	1920	26,3	1920	14,3	5,2	3,6	1958
20	20,0	1920	9,8	4,0	2,2	1969	-1,5	1955	5,3	3,4	12,4	1920	28,5	1943	15,1	5,0	7,1	1968
21	20,6	1950	9,7	4,4	-0,5	1893	-3,9	1893	5,4	3,7	14,7	1950	27,9	1950	15,7	5,4	1,7	1957
22	22,0	1950	9,8	4,2	0,3	1893	-2,3	1893	5,4	3,5	15,7	1950	29,0	1950	15,7	5,3	2,2	1897
23	23,2	1950	9,9	4,4	0,4	1893	-2,9	1893	5,7	3,9	16,3	1950	29,1	1950	14,5	5,5	2,9	1894
24	21,0	1950	10,0	4,3	0,3	1893	-3,2	1893	6,0	3,9	15,9	1950	27,0	1950	14,7	5,4	4,4	1921
25	19,5	1926	10,3	4,2	0,1	1893	-1,0	1893	6,0	3,7	12,7	1950	27,5	1943	15,0	5,3	1,4	1893
26	19,5	1926	10,2	4,2	0,1	1948	-2,8	1948	5,9	3,8	13,7	1926	26,3	1926	15,0	5,1	3,3	1948
27	18,7	1957	10,6	3,8	2,7	1924	-3,2	1948	6,2	3,5	13,2	1934	26,6	1968	15,5	4,8	5,5	1938
28	20,0	1909	11,3	3,9	0,4	1902	-1,0	1902	6,8	3,2	14,0	1951	27,4	1909	16,4	4,7	4,7	1902
29	19,7	1934	11,9	3,8	2,0	1917	-1,1	1915	7,3	3,6	14,7	1957	26,1	1957	16,9	4,6	6,1	1942
30	20,4	1934	12,2	3,8	2,6	1940	-1,5	1940	7,5	3,4	13,0	1957	26,9	1949	17,4	4,7	6,0	1978

Май

1	21,4	1934	12,9	3,8	4,3	1902	-0,6	1940	7,7	3,3	15,5	1949	28,1	1949	18,3	4,7	8,4	1912
2	22,7	1934	12,9	4,0	4,4	1965	-0,6	1962	7,9	3,4	15,4	1977	30,0	1934	18,1	4,9	7,8	1971
3	22,0	1934	12,7	4,2	2,8	1965	-0,8	1935	8,0	3,4	16,4	1934	28,8	1934	17,8	5,1	6,8	1965
4	20,5	1934	12,8	4,2	1,6	1965	-0,6	1965	7,9	3,8	14,5	1934	28,9	1911	18,3	5,0	6,5	1947
5	22,0	1954	13,2	4,5	3,0	1942	-0,7	1908	8,2	4,3	18,6	1970	28,4	1954	18,7	5,2	6,8	1915
6	22,9	1954	13,4	4,3	4,0	1919	-2,0	1915	8,6	4,1	16,2	1954	29,7	1954	18,4	5,2	6,2	1919
7	21,8	1907	14,0	3,9	3,9	1909	1,6	1912	8,9	3,5	16,5	1968	29,2	1907	19,2	4,9	5,3	1909
8	21,6	1892	14,3	4,0	1,7	1909	0,5	1953	9,4	3,6	16,7	1900	28,2	1907	19,8	4,8	5,3	1913
9	22,3	1892	14,3	4,4	3,4	1912	-1,6	1909	9,1	3,9	16,2	1967	27,9	1966	19,8	5,3	5,3	1913
10	22,6	1923	14,2	4,3	3,4	1953	-1,7	1912	9,1	3,7	15,3	1907	28,4	1907	19,5	4,9	6,4	1953
11	22,8	1924	13,9	4,2	3,9	1900	0,6	1946	9,3	3,8	16,7	1924	29,5	1924	19,0	5,1	7,0	1900
12	22,2	1924	13,7	3,8	3,6	1900	-2,4	1900	9,0	3,7	18,0	1924	28,1	1968	18,8	4,5	8,6	1900
13	23,0	1958	14,4	3,9	6,8	1928	-0,8	1900	9,1	3,6	17,6	1958	29,3	1968	19,8	4,6	10,5	1960

14	22,8	1925	14,5	4,4	3,5	1896	0,6	1896	9,6	4,0	17,0	1975	30,4	1908	19,9	5,4	8,4	1919
15	22,4	1925	15,2	3,9	3,1	1919	-0,1	1927	10,1	3,8	15,7	1975	30,2	1925	20,8	4,8	7,1	1919
16	23,6	1958	15,9	3,8	3,0	1919	3,2	1919	10,8	3,3	17,9	1958	30,6	1907	21,4	4,6	6,1	1919
17	22,4	1958	15,6	3,7	6,1	1919	3,5	1936	10,6	3,3	18,1	1958	30,7	1975	21,3	4,5	8,6	1919
18	23,8	1909	16,1	3,7	7,0	1952	3,0	1941	10,8	3,5	16,9	1975	32,1	1909	21,9	4,6	10,6	1952
19	23,4	1934	15,9	4,1	7,4	1952	1,1	1952	11,1	3,5	16,8	1975	30,1	1975	21,2	5,1	12,3	1943
20	23,4	1907	16,2	4,3	6,1	1952	1,1	1943	11,1	3,9	17,9	1972	30,3	1915	22,0	4,9	10,2	1952
21	23,4	1949	15,3	4,4	3,1	1917	0,0	1917	10,8	4,0	18,6	1949	29,7	1938	20,7	5,2	9,2	1909
22	22,7	1949	15,1	4,2	3,6	1917	-1,7	1917	10,3	4,1	17,4	1971	29,2	1939	20,3	4,8	11,1	1893
23	24,0	1932	15,4	4,1	0,2	1943	0,9	1904	10,5	3,9	17,9	1949	30,1	1932	20,6	4,8	8,3	1943
24	23,7	1953	16,0	4,3	2,3	1955	0,5	1899	10,9	4,2	18,1	1950	30,0	1953	21,2	5,0	11,5	1909
25	24,8	1958	16,0	4,4	7,3	1955	2,6	1909	11,2	3,7	18,0	1958	30,6	1958	21,3	5,1	10,0	1904
26	24,8	1958	16,1	4,2	6,5	1904	2,7	1944	11,2	3,8	18,6	1958	30,6	1958	21,4	5,1	9,9	1904
27	25,8	1958	16,7	4,1	7,4	1977	1,7	1904	11,6	3,6	18,1	1958	31,3	1924	21,9	4,6	10,4	1977
28	26,0	1924	16,5	4,0	7,7	1918	3,0	1904	11,7	3,6	19,0	1958	32,3	1924	22,0	4,7	11,2	1957
29	25,3	1924	16,5	4,0	7,2	1918	1,9	1918	11,5	3,6	19,5	1924	31,6	1924	21,8	4,7	10,0	1924
30	25,9	1924	16,6	4,0	7,8	1916	2,7	1918	11,4	3,6	20,1	1958	32,4	1958	21,8	4,9	10,0	1916
31	26,1	1924	17,0	3,6	9,3	1955	4,2	1907	11,7	3,4	19,2	1931	33,1	1924	22,7	4,4	11,5	1933

Июнь

1	24,9	1921	17,4	3,7	8,9	1919	4,1	1904	11,9	3,7	21,3	1921	30,8	1946	23,1	4,3	12,6	1933
2	26,1	1921	17,3	4,1	8,0	1928	3,9	1963	12,2	3,7	18,3	1931	33,3	1921	22,8	4,8	10,8	1911
3	26,7	1901	17,3	4,1	6,8	1928	3,0	1918	12,1	3,7	19,4	1921	32,7	1901	22,9	4,8	9,3	1928
4	25,5	1901	16,9	3,8	4,8	1933	4,3	1933	11,8	3,5	20,2	1927	31,9	1901	22,3	4,6	6,8	1901
5	25,6	1927	17,3	3,9	6,0	1933	2,4	1930	12,0	3,3	19,4	1927	30,8	1910	22,4	4,7	8,3	1927
6	24,7	1956	17,5	4,0	8,0	1933	2,9	1933	12,1	3,6	20,2	1927	32,0	1921	22,8	5,0	10,4	1933
7	24,6	1953	17,2	4,0	5,2	1925	4,4	1925	12,2	3,5	18,7	1953	30,7	1956	22,4	4,9	9,0	1925
8	23,5	1892	17,5	3,8	7,2	1925	4,6	1925	12,5	3,1	17,5	1892	30,6	1892	22,9	4,7	10,2	1925
9	23,7	1971	17,8	3,4	9,3	1925	6,1	1911	12,7	3,2	18,7	1948	30,8	1959	23,1	4,0	10,0	1925
10	24,0	1971	18,1	3,5	11,0	1897	4,9	1899	13,1	3,2	18,7	1912	32,1	1924	23,4	4,1	13,2	1958
11	24,2	1960	18,4	3,4	11,5	1911	6,3	1952	13,0	3,0	18,9	1959	33,0	1946	23,6	4,3	10,9	1897
12	27,3	1946	18,4	4,1	9,5	1950	5,2	1950	13,2	3,4	20,2	1957	33,3	1946	23,7	5,0	13,5	1946
13	27,4	1946	18,1	3,7	11,3	1891	5,0	1905	13,3	3,3	21,6	1946	33,6	1946	23,6	4,4	15,6	1891
14	26,8	1946	17,8	3,6	9,5	1891	6,5	1891	12,7	3,3	20,1	1927	32,6	1924	23,3	4,4	13,0	1970
15	25,8	1939	18,1	3,5	10,0	1913	5,0	1913	12,7	3,1	19,9	1924	31,9	1927	23,6	4,2	14,7	1926

Число месяца	Средняя суточная						Минимальная						Максимальная					
	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год	наибо- лее низкая	год	средняя	σ	наибо- лее вы- сокая	год	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	σ	наибо- лее низкая	год
16	25,8	1910	18,1	4,1	10,1	1913	4,3	1909	13,0	3,5	20,2	1972	33,0	1924	23,5	4,7	13,9	1898
17	26,5	1924	18,0	3,8	9,3	1911	5,3	1898	13,0	3,4	20,4	1910	34,8	1924	23,3	4,7	11,9	1911
18	27,3	1924	18,5	3,8	11,1	1973	5,9	1911	13,2	3,4	20,7	1924	33,8	1918	24,2	4,2	15,7	1973
19	28,6	1918	18,8	3,7	11,0	1905	5,9	1900	13,7	3,3	20,6	1975	34,4	1918	24,4	4,2	14,0	1925
20	25,6	1975	19,2	3,4	11,9	1900	6,5	1900, 1913	14,3	3,1	20,3	1975	32,8	1975	24,9	4,1	14,4	1933
21	25,7	1891	19,0	3,1	12,1	1910	7,6	1925	14,1	2,9	19,3	1975	32,8	1891	24,7	3,6	16,0	1913
22	26,6	1946	19,2	3,1	13,2	1913	6,3	1910	14,0	3,0	19,8	1892, 1946	33,4	1891	24,8	3,7	17,9	1913
23	27,0	1954	19,0	3,7	11,8	1913	8,3	1910	14,0	3,0	20,9	1946	33,1	1946	24,2	4,4	12,9	1913
24	26,5	1924	19,0	3,8	9,9	1908	7,8	1949	13,9	3,2	20,7	1964	33,2	1924	24,1	4,4	13,9	1908
25	26,6	1957	19,2	3,5	12,0	1952	5,8	1908	14,0	3,2	20,5	1957	34,1	1957	24,9	3,9	14,0	1952
26	25,8	1939	19,1	3,1	12,3	1929	7,2	1949	14,0	3,0	20,6	1901	32,2	1939	24,5	3,6	15,9	1948
27	26,2	1961	19,4	3,3	13,2	1894	7,8	1929	14,2	2,6	19,6	1940	32,7	1961	24,7	4,0	17,0	1894
28	27,4	1961	19,5	3,6	12,4	1894	8,8	1894	14,4	2,9	20,9	1961	33,5	1961	25,0	4,4	15,9	1929
29	27,6	1963	19,1	3,6	11,2	1894	7,5	1902	14,2	3,2	21,3	1963	34,0	1963	24,5	4,3	14,0	1894
30	27,4	1898	19,2	3,5	12,9	1903	7,6	1894	14,1	3,1	21,0	1963	34,1	1898	24,5	4,0	16,6	1903
Июль																		
1	25,0	1938	19,1	3,2	11,4	1908	7,7	1908	14,0	2,7	21,3	1937	33,1	1910	24,5	3,9	14,6	1908, 1916
2	27,2	1939	19,1	3,1	12,1	1908	7,3	1908	14,3	2,6	20,0	1938	33,8	1939	24,4	3,7	16,2	1913
3	27,3	1938	19,5	3,0	13,7	1948	9,0	1892	14,4	2,6	20,2	1938	33,1	1938	25,0	3,5	17,0	1948
4	28,2	1938	19,6	3,1	13,2	1902	8,8	1892	14,5	2,6	23,5	1938	34,4	1938	25,0	3,8	16,6	1972
5	27,2	1936 1920,	19,6	3,6	10,5	1893	8,6	1893	14,5	2,7	19,9	1941, 1961	33,7	1924	25,3	4,4	14,5	1893
6	26,1	1947	19,3	3,2	12,0	1902	7,9	1912	14,4	3,0	20,8	1924	33,9	1924	24,6	3,7	15,1	1902
7	27,3	1968	19,4	3,4	12,7	1902	9,2	1893	14,6	2,7	21,4	1968	34,2	1968	24,6	4,3	15,4	1902
8	27,3	1955	19,9	3,5	11,6	1952	8,3	1912	14,4	2,8	20,2	1955, 1968	33,4	1955	25,4	4,1	16,0	1952
9	29,7	1947	19,8	3,5	12,7	1974	8,8	1935	14,9	2,9	22,8	1947	36,3	1947	25,5	4,3	15,2	1952
10	27,8	1953	19,7	3,4	12,2	1923	7,5	1958	14,6	3,2	22,5	1947	35,9	1947	25,1	4,0	16,4	1923

11	27,6	1922	20,0	3,3	12,5	1904	8,8	1935	15,0	2,9	21,2	1922	33,4	1959	25,3	4,0	16,3	1923
12	27,3	1959	20,1	3,2	13,1	1911	9,4	1904	14,9	2,5	21,4	1922	35,1	1922	25,8	3,9	17,2	1924
13	28,3	1951	20,1	3,0	13,7	1924	8,2	1904	15,2	2,7	22,9	1951	34,1	1936	25,8	4,0	16,2	1924
14	27,4	1951	20,3	3,1	14,5	1902	8,0	1911	15,2	2,6	21,1	1951	33,1	1951	25,9	3,5	18,2	1912
15	28,3	1951	20,3	3,7	12,8	1969	9,5	1905	15,3	3,1	20,7	1951	33,4	1951	25,8	4,6	16,0	1902
16	28,4	1931	20,7	3,3	12,2	1902	7,8	1902	15,4	2,9	21,6	1951	35,8	1931	26,0	4,0	16,5	1902
17	27,8	1939	20,4	3,2	15,3	1892	8,8	1911	15,5	2,8	20,8	1959	34,0	1959	25,9	3,8	17,4	1892
18	27,3	1939	20,5	3,0	13,2	1929	10,3	1911	15,4	2,7	22,7	1939	33,5	1959	26,1	3,6	16,7	1929
19	28,3	1903	20,3	3,2	12,5	1929	8,9	1898, 1929	15,2	2,8	21,0	1903	35,0	1903	26,0	4,1	17,9	1893, 1929
20	27,9	1903	19,9	3,4	11,1	1904	8,8	1907	15,1	2,6	20,5	1903	34,6	1936	25,3	4,3	15,1	1904
21	28,8	1960	20,0	3,2	12,5	1904	7,0	1904	14,9	2,9	22,0	1903	35,9	1936	25,7	3,9	18,4	1971
22	27,8	1936	20,1	3,0	12,9	1904	8,3	1909	14,9	2,8	22,4	1936	34,9	1936	25,8	3,7	18,5	1913, 1951
23	26,7	1897	20,2	3,2	13,9	1913	5,8	1904	15,1	2,8	21,0	1936	33,6	1936	25,9	3,9	15,4	1913
24	27,0	1910	20,6	3,0	14,6	1903	9,4	1906	15,4	2,7	21,1	1964	34,0	1910, 1960	26,4	3,7	17,7	1903
25	28,6	1959	20,2	3,2	12,8	1917	9,9	1954	15,7	2,6	22,3	1972	34,4	1929	25,8	4,1	17,7	1917
26	28,2	1936	20,0	3,0	12,2	1917	9,7	1907	15,1	2,5	21,5	1936	35,5	1936	25,6	3,7	15,0	1917
27	27,2	1936	19,8	3,2	12,2	1922	7,8	1898	15,1	2,7	22,0	1936	37,1	1909	25,1	4,1	14,5	1932
28	27,8	1936	20,0	3,2	13,9	1939	9,4	1923	14,9	2,6	21,0	1936	34,6	1945	25,6	4,2	16,7	1970
29	30,4	1936	20,2	3,5	14,4	1932	10,1	1923	15,1	2,8	24,0	1936	38,0	1936	26,0	4,0	19,1	1918
30	29,9	1936	20,6	3,5	15,2	1913	8,7	1904	15,0	3,2	24,8	1936	39,4	1936	26,3	4,1	18,4	1968
31	27,4	1897, 1938	20,4	3,3	12,9	1904	9,9	1922	15,3	2,9	21,5	1936	34,5	1936	26,0	3,9	15,8	1942

Август																		
1	29,5	1936	19,8	3,1	13,7	1904	10,0	1904	15,1	2,7	22,6	1936	35,9	1936	25,8	4,0	16,5	1915
2	27,0	1936	19,7	3,0	12,3	1904	10,2	1945	15,0	2,5	21,4	1936	34,2	1936	25,4	3,9	14,5	1904
3	27,0	1901	19,8	3,2	12,4	1964	9,8	1965	15,1	2,8	20,4	1936	34,9	1905	25,8	3,9	14,6	1904
4	29,2	1895	19,9	3,3	12,4	1964	8,5	1907	15,2	2,7	20,2	1963	35,8	1895	25,5	4,0	16,2	1964
5	27,7	1895	19,9	3,7	13,0	1944	7,6	1907	14,9	3,1	20,6	1934	34,5	1920	25,5	4,3	17,3	1844
6	26,3	1900	19,7	3,3	12,6	1923	8,3	1907	14,8	2,9	20,2	1963	33,2	1930	25,4	3,9	15,0	1923
7	25,3	1942	19,9	3,1	14,0	1906, 1953	8,7	1923	14,6	2,8	20,3	1900	33,6	1900	25,5	3,9	17,4	1954
8	25,4	1971	19,6	3,3	11,7	1906	8,9	1903	14,6	2,7	20,4	1973	34,0	1963	25,3	4,0	15,1	1911
9	27,5	1963	19,5	3,6	12,3	1916	7,0	1899	14,5	3,2	22,1	1963	34,6	1963	25,5	4,2	17,0	1916
10	26,4	1898	20,0	3,4	12,3	1919	9,2	1891	14,9	3,0	20,6	1948	34,2	1931	26,0	4,2	16,3	1912

Число месяца	Средняя суточная						Минимальная						Максимальная					
	наиболь- шее вы- сокая	год	средняя	σ	наиболь- шее низкая	год	наиболь- шее низкая	год	средняя	σ	наиболь- шее вы- сокая	год	наиболь- шее вы- сокая	год	средняя	σ	наиболь- шее низкая	год
11	27,1	1946	19,8	3,2	12,1	1918	8,4	1919,	14,9	2,9	22,0	1946	33,5	1946,	25,8	4,1	15,8	1900,
12	27,7	1946	19,4	3,2	13,2	1928	8,4	1910	14,7	2,9	22,6	1948	35,4	1905	25,2	4,1	16,7	1918
13	27,8	1948	18,9	3,3	11,0	1975	8,6	1928	14,4	2,8	20,9	1946	34,4	1946	24,5	4,1	14,5	1956
14	27,4	1946	18,7	3,3	11,7	1902	8,1	1923	14,0	3,0	21,8	1946	36,4	1946	24,5	4,2	14,2	1970
15	26,8	1952	18,9	3,3	9,8	1909	6,2	1909	13,9	3,0	21,1	1901	34,2	1952	24,7	3,8	15,8	1902
16	28,0	1952	18,6	3,5	11,8	1895,	8,6	1965	14,0	3,1	22,2	1952	35,7	1952	24,1	4,5	14,9	1910
17	27,6	1952	18,5	3,2	11,0	1895	8,8	1909	13,8	2,8	21,2	1952	35,1	1952	24,3	4,0	14,5	1909
18	28,3	1954	18,7	3,1	13,2	1895,	7,4	1919	13,6	3,1	22,1	1954	36,2	1946	24,7	4,0	17,1	1907
19	29,4	1946	18,7	3,0	13,2	1977	7,4	1893	13,7	2,7	22,6	1946	37,8	1946	24,7	4,0	15,7	1977
20	30,8	1946	19,0	3,4	11,8	1949	8,6	1911	14,0	2,9	22,4	1946	39,3	1946	24,9	4,4	14,4	1977
21	29,4	1946	18,9	3,6	10,2	1949	7,3	1908	13,9	3,0	22,6	1946	36,2	1946	24,9	4,5	12,0	1940
22	28,7	1946	18,7	3,6	8,8	1949	4,6	1914	14,0	3,0	22,5	1946	36,4	1946	24,9	4,5	10,2	1940
23	26,4	1946	18,6	3,2	10,7	1907	7,5	1976	13,5	2,9	22,1	1946	33,2	1946	24,7	4,0	14,6	1907
24	26,0	1946	18,6	3,1	12,6	1912	7,4	1907	13,9	2,8	20,4	1938	33,3	1946	24,5	3,9	15,6	1971
25	25,4	1953	17,7	3,5	10,7	1971	8,1	1950	13,3	2,7	18,6	1897	33,1	1903	23,4	4,6	14,0	1971
26	25,8	1903	17,9	3,9	9,1	1899	6,3	1899	13,1	3,2	20,3	1959	33,7	1903	23,7	4,8	14,2	1971
27	24,4	1943	17,4	3,1	10,2	1899	6,4	1973	13,0	2,7	18,1	1968	33,3	1943	23,0	4,0	13,8	1899
28	26,4	1943	17,3	3,2	9,5	1906	6,0	1970	13,0	2,6	19,9	1943	35,1	1943	22,9	4,4	13,2	1931
29	25,3	1938	17,2	3,3	10,2	1966	5,5	1966	12,6	2,8	18,7	1938	31,7	1956	22,7	4,7	14,4	1966
30	25,5	1956	17,4	3,7	8,3	1966	3,3	1966	12,5	3,0	19,4	1956	32,7	1944,	23,3	4,7	12,9	1966
31	24,9	1896,	17,4	3,4	9,4	1947	5,4	1966	12,8	3,0	18,7	1938	33,4	1908	23,4	4,5	12,4	1947

## Сентябрь

1	25,4	1892	16,9	3,5	10,8	1947	6,5	1924	12,4	3,0	18,2	1892	33,2	1892	22,6	4,4	14,1	1947
2	22,6	1938	16,4	3,0	9,6	1893	5,7	1940	12,0	2,9	18,1	1944	29,4	1923	22,1	3,6	14,1	1937

3	23,1	1897	16,2	3,2	10,4	1901	5,7	1898	11,9	3,0	17,5	1896	31,0	1897	21,8	4,1	13,9	1958
4	25,3	1897	16,0	3,6	9,3	1906	4,8	1914	11,5	3,1	17,2	1951	32,5	1897	21,7	4,5	14,4	1959
5	22,6	1891	15,9	3,4	8,2	1922	3,3	1901,	11,3	3,3	18,6	1968	29,6	1891	21,5	4,4	9,9	1922
6	22,6	1942	15,9	3,9	7,0	1898	5,4	1925	11,4	3,2	16,6	1907	29,8	1891	21,6	4,9	9,0	1901
7	24,0	1952	15,9	4,0	7,4	1953	3,2	1914	11,3	3,6	18,7	1952	32,1	1946	21,7	5,1	9,2	1901
8	24,3	1944	15,1	3,8	7,5	1901	3,4	1896	10,7	3,7	19,7	1963	32,0	1944	20,8	4,9	10,0	1901
9	25,1	1944	14,8	3,5	8,1	1901	2,4	1900	10,3	3,3	18,7	1944	33,5	1944	20,3	4,6	10,0	1901
10	23,4	1909	14,8	3,4	7,7	1900	4,1	1968	10,1	3,1	17,0	1932	31,2	1909	20,6	4,7	9,4	1900
11	23,2	1909	14,9	3,4	8,4	1911	4,7	1935,	10,2	3,0	16,4	1909,	33,8	1898	20,7	4,6	11,2	1911
12	22,9	1909	15,0	3,4	8,1	1936	4,3	1893	10,4	2,8	15,5	1927,	31,9	1909	20,7	4,4	11,4	1894
13	24,1	1905	14,7	3,7	8,0	1973	3,0	1893	10,3	3,1	17,8	1905	32,1	1905	20,5	4,7	10,3	1956
14	23,1	1903	13,9	3,5	6,8	1894	2,8	1929	9,5	3,3	16,3	1909	30,8	1903	19,9	4,3	8,8	1956
15	23,1	1909	14,1	3,9	5,2	1894	1,8	1925	9,5	3,3	17,5	1909	30,0	1903	19,9	5,1	6,3	1894
16	22,7	1903	13,8	3,6	6,3	1952	1,2	1953	9,6	3,6	16,6	1955	29,6	1903	19,3	4,5	11,5	1933
17	21,6	1909	13,4	3,7	5,4	1894	1,0	1952	9,3	3,3	16,3	1909,	28,5	1939	19,0	4,6	9,1	1894
18	21,8	1909	13,1	4,0	4,4	1894	1,4	1958	9,1	3,6	16,2	1939	28,3	1909	18,6	5,1	8,1	1894
19	22,9	1913	13,0	4,0	4,9	1904	0,4	1894	8,8	3,8	16,4	1913	28,8	1913	18,6	5,0	6,8	1904
20	22,3	1913	12,8	3,7	4,7	1921	0,0	1921	8,8	3,3	17,0	1913	29,3	1913	18,2	4,9	6,5	1904
21	20,2	1937	13,0	3,9	4,7	1902	0,7	1902	8,7	3,3	15,9	1937	28,0	1932	18,4	4,9	7,0	1904
22	20,2	1919	12,7	3,6	4,0	1902	1,1	1942	8,3	3,2	15,3	1975	27,4	1924	18,3	4,2	7,8	1915
23	20,4	1927	12,6	3,5	4,9	1907	-1,0	1902	8,2	3,7	15,2	1937	27,1	1924,	18,0	4,4	9,5	1929
24	21,8	1927	12,2	3,9	4,7	1956	0,1	1916	8,0	3,4	16,2	1927	28,7	1927	17,7	4,8	8,4	1929
25	21,2	1927	11,9	4,2	2,7	1973	-2,5	1902	7,7	3,9	16,5	1937	29,0	1927	17,6	5,1	5,8	1973
26	23,0	1927	11,8	4,1	1,5	1906	0,4	1906,	7,8	3,9	17,3	1927	31,7	1927	17,2	5,5	5,5	1922
27	22,5	1927	11,7	3,9	0,0	1906	-1,2	1906	7,2	3,7	15,0	1927	30,3	1927	17,3	4,7	0,7	1906
28	21,1	1927	11,9	3,9	2,2	1977	-1,2	1906	7,3	3,6	16,5	1927	29,3	1927	17,1	4,9	7,1	1906
29	19,5	1900	11,4	3,6	3,9	1977	-1,0	1977	7,6	3,7	14,5	1915	28,8	1900	16,3	4,6	6,8	1970
30	18,4	1942	11,2	3,3	2,8	1936	0,7	1936	7,4	3,3	13,8	1962	25,6	1892	16,3	4,2	6,6	1970

## Октябрь

1	19,3	1927	10,9	3,6	3,3	1931	0,3	1976	7,0	3,1	13,9	1927	26,5	1927	16,0	4,8	5,5	1936
2	19,3	1927	11,0	3,8	2,3	1902	-2,5	1902	6,6	3,5	14,7	1927	26,0	1915	16,4	4,8	5,9	1902

Число месяца	Средняя суточная						Минимальная						Максимальная					
	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	±	наибо- лее низкая	год	наибо- лее низкая	год	средняя	±	наибо- лее вы- сокая	год	наибо- лее вы- сокая	год	средняя	±	наибо- лее низкая	год
3	18,8	1927	10,8	4,1	2,3	1902	-2,1	1916	6,7	4,0	14,7	1952	25,9	1927	15,9	5,2	4,0	1901
4	18,8	1929	10,3	4,1	2,0	1959	-2,6	1910	6,3	3,9	14,2	1929	25,3	1918	15,3	5,0	4,2	1901
5	18,9	1929	9,8	4,4	0,6	1912	-2,7	1939	6,0	1,1	13,6	1918	26,3	1929	14,6	5,3	4,3	1912
6	18,4	1966	9,7	4,3	0,8	1971	-3,4	1902	6,1	4,4	14,4	1923	25,4	1966	14,4	4,9	3,2	1897
7	18,8	1893	9,7	3,8	0,8	1939	-4,2	1939	5,9	3,6	13,8	1893	26,3	1966	14,3	4,8	5,3	1971
8	18,2	1893, 1935	9,5	3,7	2,3	1939	-3,6	1926	5,5	3,5	13,6	1893	25,9	1935	14,3	4,7	4,2	1930
9	17,4	1929	9,3	3,8	2,3	1906	-2,1	1925	5,5	3,6	13,0	1893	29,5	1893	14,2	5,5	4,1	1906
10	19,4	1903	9,3	4,1	0,1	1939	-1,8	1899	5,7	3,9	14,1	1918	23,7	1907	13,7	4,9	2,5	1899
11	17,3	1935	8,9	3,9	-0,4	1939	-5,8	1898	4,9	4,0	13,5	1918	24,9	1935	13,7	4,8	0,5	1899
12	16,7	1907	8,7	3,8	-0,5	1903	-4,9	1898	5,2	3,2	13,3	1960	24,8	1907	13,3	4,7	1,0	1899
13	16,2	1896	8,1	3,8	-1,7	1903	-2,6	1891	4,5	3,2	13,5	1917	22,9	1896	12,7	4,3	-0,5	1903
14	16,4	1923	7,8	3,7	-1,4	1946	-4,6	1946	4,2	3,3	11,4	1917	23,1	1923	12,7	4,4	1,0	1903
15	14,1	1918	7,7	3,3	-1,1	1898	-7,8	1898	4,0	3,7	11,1	1923	20,7	1907	12,1	3,9	3,0	1876
16	16,0	1916	7,4	3,8	-2,7	1898	-4,9	1976	3,8	3,7	11,5	1932	22,3	1916	11,9	4,4	-0,5	1893
17	15,0	1967	7,1	3,6	-2,5	1976	-5,8	1976	3,6	3,7	11,5	1967	19,0	1892	11,3	4,2	0,6	1898
18	14,7	1967	7,2	3,5	-2,2	1976	-5,3	1976	3,8	3,5	11,1	1918	21,8	1967	11,5	4,2	2,1	1970
19	15,1	1918	6,9	3,7	-2,3	1898	-4,5	1976	3,6	3,3	12,1	1918	21,2	1957	11,0	4,4	0,0	1908
20	15,1	1918	6,2	4,0	-3,1	1976	-5,6	1920	3,3	3,5	12,8	1918	20,9	1921	10,6	5,0	-1,3	1898
21	17,1	1896	6,2	4,0	-2,0	1892	-5,9	1925	2,7	3,7	12,0	1944	21,3	1935	10,4	5,1	-0,7	1908
22	14,8	1923	6,5	3,7	-1,5	1892	-7,3	1892	3,1	3,5	10,1	1896	21,8	1891	10,3	4,8	0,4	1892
23	16,1	1935	6,1	3,9	-1,0	1945	-5,3	1945	3,0	4,0	12,7	1935	21,1	1935	10,0	4,4	1,6	1976
24	16,5	1935	5,9	4,5	-2,9	1912	-5,0	1920	2,6	4,0	11,0	1935	20,1	1923	9,9	4,8	0,2	1917
25	16,0	1923	6,0	4,5	-4,2	1912	-5,7	1959	3,1	4,4	13,7	1923	21,1	1923	10,0	5,1	-3,2	1812
26	14,9	1930	6,1	4,0	-3,8	1912	-5,1	1926	3,0	4,2	13,3	1930	19,5	1945	9,9	4,7	-2,8	1912
27	13,3	1927	5,8	3,1	-7,1	1912	-9,2	1912	2,9	3,9	11,4	1937	19,9	1948	9,5	4,9	-4,2	1912
28	15,2	1895	5,6	3,4	-6,7	1920	-12,3	1912	2,8	4,4	12,1	1895	19,6	1895	9,2	4,6	-1,1	1912
29	12,6	1927	5,0	3,9	-9,0	1920	-10,3	1920	2,0	3,9	9,2	1948	16,6	1927	8,6	4,5	-7,5	1920
30	13,1	1967	4,7	4,5	-13,8	1920	-16,7	1920	1,8	4,7	11,0	1933	17,8	1960	8,1	4,4	-10,2	1920
31	15,6	1926	4,6	4,8	-13,7	1920	-17,8	1920	1,9	4,8	11,5	1967	20,5	1926	7,8	5,4	-9,3	1920

## Ноябрь

1	16,2	1926	4,5	4,7	-9,4	1920	-16,8	1920	1,7	5,0	13,2	1926	23,2	1926	7,6	5,0	-5,1	1920
2	12,6	1929	4,2	4,4	-8,2	1920	-8,7	1920	1,2	4,6	11,8	1967	17,0	1926	7,4	4,6	-6,2	1920
3	12,1	1896	3,9	4,3	-8,7	1920	-10,9	1920	1,4	4,7	11,0	1896	14,7	1929	7,0	4,1	-4,4	1920
4	12,1	1969	4,0	4,2	-9,0	1920	-11,0	1920	1,3	4,6	10,9	1969	14,9	1957	7,1	4,3	-7,0	1920
5	14,0	1930	4,1	4,4	-6,3	1920	-10,8	1907	1,7	4,8	12,3	1930	16,5	1930	7,1	4,4	-5,3	1920
6	12,1	1950	3,9	4,4	-11,2	1907	-13,4	1891	1,9	4,9	10,2	1950	15,2	1930	6,7	4,2	-5,7	1920
7	11,2	1960	3,4	4,4	-9,9	1891	-14,9	1907	0,8	4,5	10,3	1967	14,5	1971	6,2	4,4	-6,5	1920
8	14,2	1927	2,8	4,5	-9,6	1920	-12,4	1891	0,3	4,6	9,0	1960	19,6	1927	5,5	4,5	-8,0	1920
9	13,1	1927	3,0	4,4	-7,1	1942	-11,8	1942	0,3	4,9	11,2	1927	16,5	1927	5,7	4,3	-3,9	1956
10	14,5	1927	3,1	4,3	-10,0	1897	-12,2	1897	0,6	4,5	8,8	1927	18,7	1927	5,7	4,5	-5,5	1919
11	12,5	1944	2,9	4,1	-11,0	1897	-13,0	1897	0,5	4,2	8,5	1936	16,5	1927	5,7	4,4	-7,1	1897
12	11,7	1963	2,6	4,2	-8,1	1891	-14,2	1897	0,3	4,6	9,3	1917	15,7	1927	5,2	4,3	-3,3	1897
13	10,2	1963	2,1	4,2	-9,4	1941	-11,2	1891	-0,1	3,9	8,3	1963	15,4	1969	4,7	4,8	-8,2	1891
14	9,8	1913	1,8	4,5	-12,1	1908	-14,1	1908	-0,6	4,4	6,9	1945	15,4	1913	4,4	4,6	-7,3	1911
15	11,4	1969	1,9	4,6	-10,7	1908	-16,1	1908	-0,4	4,8	9,3	1969	15,6	1969	4,5	4,9	-7,3	1965
16	9,5	1940	1,7	4,2	-9,8	1965	-13,4	1896	-0,4	4,5	8,4	1943	13,3	1967	4,2	4,2	-8,1	1965
17	11,5	1940	1,3	4,3	-13,5	1902	-15,6	1902	-0,8	4,5	9,9	1940	15,7	1940	3,7	4,2	-10,1	1965
18	8,7	1923	0,6	4,3	-15,3	1902	-17,1	1902	-1,5	4,3	6,4	1970	12,4	1974	3,1	4,4	-11,6	1922
19	11,4	1923	0,6	4,8	-12,4	1919	-17,6	1902	-1,7	5,1	9,1	1923	14,4	1926	3,1	4,8	-8,6	1919
20	10,5	1926	0,3	4,7	-11,5	1919	-15,4	1919	-1,8	4,8	8,9	1940	14,2	1926	2,8	4,9	-7,4	1919
21	10,5	1926	-0,4	4,1	-12,0	1921	-13,6	1921	-2,7	4,1	7,3	1940	16,1	1926	2,4	4,4	-6,5	1921
22	9,7	1926	-0,7	4,6	-13,1	1927	-15,7	1921	-3,0	4,6	6,0	1966	13,2	1926	1,7	4,7	-10,5	1921
23	12,5	1923	-0,8	4,7	-14,3	1927	-18,3	1927	-3,1	4,8	9,5	1926	15,3	1923	1,8	4,6	-10,7	1927
24	9,9	1926	-0,5	4,4	-11,8	1914	-15,3	1914	-2,9	4,9	6,9	1926	14,1	1926	1,6	4,5	-7,5	1915
25	9,9	1969	-0,7	4,9	-13,2	1921	-16,7	1914, 1921	-2,7	5,2	7,1	1969	13,9	1938	1,4	4,9	-10,6	1921
26	8,4	1928	-1,1	4,6	-11,4	1921	-15,1	1921	-3,3	4,7	5,7	1962	13,0	1928	1,4	4,8	-9,3	1941
27	9,9	1969	-1,2	4,2	-13,3	1892	-15,1	1892	-3,3	4,7	7,9	1969	14,4	1898	1,3	4,2	-9,1	1892
28	9,6	1949	-1,3	4,6	-12,4	1892	-16,3	1892	-3,3	4,9	6,5	1949	14,0	1949	1,5	4,5	-8,7	1892
29	7,8	1917	-1,1	4,6	-12,9	1915	-19,4	1915	-3,5	5,1	4,9	1949	12,6	1898	1,4	4,7	-10,3	1931
30	9,2	1917	-1,2	4,6	-13,6	1931	-16,3	1931	-3,5	5,0	8,3	1917	10,3	1917	1,1	4,6	-11,3	1931

## Декабрь

1	10,5	1903	-0,9	4,7	-12,1	1915	-17,7	1915	-3,0	5,3	8,5	1903	13,0	1898	1,3	4,6	-8,9	1957
2	9,9	1903	-0,9	4,8	-13,7	1896	-16,3	1957	-3,3	5,3	7,7	1903	13,1	1961	1,7	4,5	-9,1	1957

Число месяца	Средняя суточная					Минимальная					Максимальная								
	наиболее высокая	год	средняя	т	наиболее низкая	год	наиболее низкая	год	средняя	т	наиболее высокая	год	наиболее высокая	год	средняя	т	наиболее низкая	год	
3	8,1	1947	—	5,0	—14,5	1896	—18,4	896	—3,5	5,3	5,4	1947	10,7	1953	1,2	4,8	—10,9	1921	
4	6,7	1913	—	4,7	—14,2	1902	—16,5	931	—3,6	5,4	4,4	1913	10,2	1924	0,9	4,6	—11,2	1902	
5	8,3	1961	—	5,1	—15,9	1902	—19,3	902	—4,2	5,5	5,0	1932	11,2	1961	0,6	5,1	—13,5	1902	
6	7,3	1909	—	5,1	—18,0	1959	—20,2	959	—4,1	5,7	6,2	1961	10,6	1909	0,4	5,0	—13,1	1959	
7	9,2	1939	—	5,2	—19,7	1959	—21,8	959	—4,1	5,8	8,5	1939	9,6	1939	0,4	4,9	—17,7	1959	
8	7,8	1960	—	4,8	—15,9	1959	—19,7	959	—4,3	5,4	4,2	1947	12,2	1960	0,2	4,7	—12,7	1959	
9	5,7	1915	—	4,5	—14,7	1945	—18,4	945	—4,5	5,1	4,6	1929	8,5	1960	0,2	4,4	—11,6	1945, 1959	
10	10,0	1944	—	5,1	—16,2	1899	—18,4	899	—5,1	5,5	8,5	1944	11,2	1944	—0,1	4,4	—11,5	1945	
11	8,6	1960	—	5,3	—19,6	1921	—20,8	921	—4,9	5,9	5,7	1960	10,7	1960	—0,7	4,9	—14,0	1921	
12	7,9	1965	—	5,0	—20,9	1921	—22,1	921	—4,9	5,6	7,0	1965	9,5	1965	—0,5	4,8	—18,7	1921	
13	8,5	1950	—	5,3	—20,7	1921	—24,4	921	—5,7	5,8	5,5	1950	10,0	1950	—1,0	5,1	—18,0	1921	
14	8,2	1950	—	5,2	—18,7	1921	—23,1	921	—5,7	5,8	7,4	1950	9,8	1950	—1,2	5,0	—15,0	1921	
15	8,2	1937	—	5,0	—15,4	1921	—20,1	921	—5,2	5,4	4,9	1914	9,4	1950	—0,8	4,9	—11,7	1933	
16	8,3	1958	—	5,1	—16,4	1938	—18,1	938	—5,3	5,6	3,4	1958	7,7	1958	—1,2	4,8	—12,0	1938	
17	7,3	1937	—	5,0	—17,6	1938	—20,1	902	—6,5	5,8	6,0	1937	8,7	1937	—2,1	4,8	—15,3	1938	
18	7,5	1937	—	5,1	—18,8	1938	—21,1	946	—6,4	5,7	2,9	1937	9,0	1937	—2,0	4,9	—17,5	1938	
19	7,7	1904	—	5,1	—17,1	1938	—19,0	927	—6,0	5,6	2,8	1904	7,2	1904	—1,6	4,9	—16,6	1938	
20	4,8	1960	—	5,0	—17,0	1927	—20,0	938	—6,5	5,6	2,9	1960	5,9	1976	—1,4	4,6	—14,8	1927	
21	4,7	1960	—	4,7	—15,5	1927	—20,8	927	—6,1	5,5	2,0	1960	8,2	1960	—1,7	4,4	—12,4	1927	
22	4,9	1971	—	5,2	—18,1	1967	—20,2	967	—6,1	5,8	4,0	1958	7,8	1971	—2,0	5,0	—15,5	1967	
23	6,9	1960	—	5,3	—18,4	1902	—21,0	902	—6,1	5,2	5,3	1960	8,6	1960	—2,1	4,8	—16,5	1969	
24	8,1	1933	—	5,4	—17,1	1969	—25,6	902	—6,1	5,1	3,2	1974	8,7	1960	—2,1	4,8	—14,1	1969	
25	4,1	1909	—	5,4	—17,1	1892	—21,0	969	—6,1	5,1	2,9	1909	6,4	1967	—2,1	4,9	—13,4	1969	
26	2,9	1912	—	5,2	—16,1	1899	—19,7	948	—6,1	5,1	1,3	1973	5,7	1959	—1,8	5,0	—15,4	1907	
27	4,7	1901	—	5,1	—16,1	1908	—19,8	908	—7,0	5,2	3,5	1901	7,0	1974	—1,5	4,6	—12,4	1907	
28	3,4	1931	—	5,1	—21,1	1930	—23,2	930	—7,1	5,0	2,3	1971	7,0	1974	—2,5	4,5	—16,4	1908	
29	5,2	1975	—	5,1	—20,7	1908	—26,5	930	—7,4	5,3	2,8	1974	7,8	1974	—2,2	4,5	—19,7	1908	
30	4,6	1913	—	5,9	—24,4	1895	—26,3	895	—7,3	5,4	1,9	1974	6,5	1913, 1974	—2,2	5,1	—17,0	1908	
31	5,7	1925	—	4,8	6,2	—26,1	1895	—30,0	1895	—7,4	6,9	2,9	1925	8,2	1925	—2,5	5,7	—22,4	1895

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ВВЕДЕНИЕ	8
1.1. Особенности развития города	9
1.2. История развития метеорологических наблюдений	12
1.3. Исползованные материалы и методика его обработки	12
1.4. Физико-географические особенности города и его окрестностей	14
2. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ	21
3. ХАРАКТЕРИСТИКА АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ	40
3.1. Атмосферные дипольные	42
3.2. Ветер	47
4. ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ	53
4.1. Температура воздуха	66
4.2. Температура почвы	66
5. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ	70
5.1. Влажность воздуха	78
5.2. Атмосферные осадки	98
5.3. Снежный покров	102
5.4. Метели	102
6. РЕЖИМ ОБЛАЧНОСТИ И АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	107
6.1. Облачность	110
6.2. Атмосферные явления	111
6.2.1. Туман	111
6.2.2. Дальность видимости	117
6.2.3. Горизонтально-вертикальные отложения в виде инея, морозного снега	120
6.2.4. Атмосферное электричество	132
6.2.5. Прозрачность	138



6.2.6. Град . . . . .	142
6.2.7. Засушливые явления . . . . .	144
7. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ . . . . .	149
8. МЕЗО- И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА . . . . .	176
8.1. Особенности распределения солнечной радиации по территории Киева . . . . .	177
8.2. Микроклимат отдельных видов городского ландшафта . . . . .	184
8.3. Микроклиматические особенности поймы Днепра . . . . .	195
8.4. Мезо- и микроклиматическое районирование города . . . . .	202
8.5. Осредненная по площади температура подстилающей поверхности . . . . .	208
9. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДА . . . . .	212
9.1. Загрязнение воздуха и его связь с метеорологическими условиями . . . . .	—
9.2. Влияние загрязнения воздуха на характеристики прозрачности атмосферы . . . . .	218
10. НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИКЛАДНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ ГОРОДА . . . . .	225
10.1. Влияние климатических условий на работу отдельных отраслей городского хозяйства . . . . .	—
10.2. О роли радиационного фактора в тепловом режиме зданий . . . . .	229
10.3. Биоклиматическая характеристика города . . . . .	239
10.4. Влияние погодно-климатических условий на состояние здоровья человека . . . . .	248
10.5. Краткая климатическая характеристика зеленого хозяйства и методы мелиорации городского климата . . . . .	255
11. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА . . . . .	263
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	269
ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .	274

КЛИМАТ КИЕВА

Редактор Л. В. Ковель. Технический редактор Л. М. Шишкова. Корректор Г. С. Макарова  
ИБ № 1204

Сдано в набор 13.06.79. Подписано в печать 21.02.80. М-23257.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Печ. л. 18.0. Уч. изд. л. 20,18. Тираж 1300 экз. Индекс МЛ-202. Заказ № 530.  
Цена 1 руб. 20 коп. Гидрометеиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23

Типография им. Котлякова издательства «Финансы» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
191023. Ленинград, Д-23, Садовая, 21.