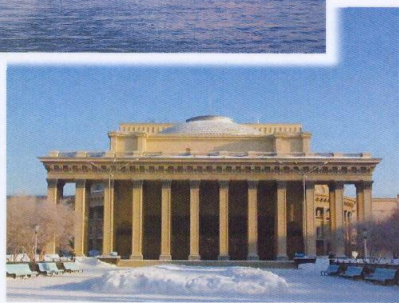
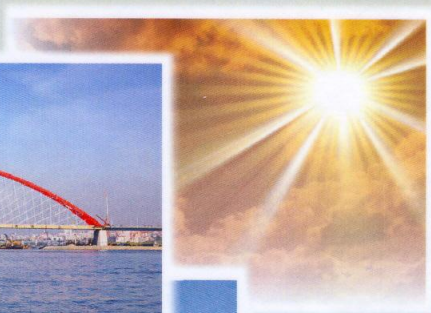
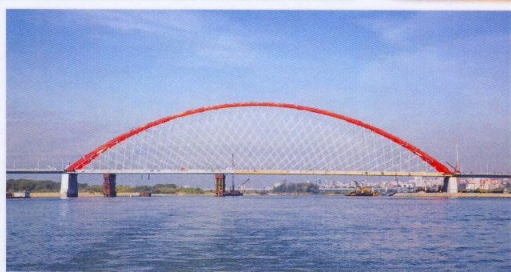


И.О. Лучицкая Н.И. Белая
С.А. Арбузов

КЛИМАТ НОВОСИБИРСКА и его изменения



Сибирский региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт

2014

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

И.О. Лучицкая, Н.И. Белая, С.А. Арбузов

КЛИМАТ НОВОСИБИРСКА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

Под редакцией
кандидата географических наук,
заслуженного метеоролога РФ
Р.А. Ягудина



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
2014

УДК 551.582.3

ББК 26.234.7

Л87

Луцицкая, И.О.

Климат Новосибирска и его изменения / И.О. Луцицкая, Н.И. Белая, С.А. Арбузов; под ред. Р.А. Ягудина; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014. – 224 с.

Представлена характеристика климата города Новосибирска по основным метеорологическим параметрам: солнечное сияние, температура воздуха и почвы, в том числе на глубинах, скорость и направление ветра, атмосферное давление, влажность воздуха, осадки, снежный покров, облачность, атмосферные явления. Использованы данные измерений гидрометеорологической наблюдательной сети за различные временные интервалы с 1900 до 2013 гг., в основном - с 1966 г.

Впервые рассматриваются многолетние изменения элементов климата, в том числе за период глобального потепления с середины 70-х годов прошлого столетия, и новых тенденций замедления роста температуры в Сибирском регионе в течение первого десятилетия XXI века. Выявлены особенности метеорологического режима в городе и его окрестностях. Приведены специализированные характеристики, отражающие влияние климата на сферы жизнедеятельности – энергетику, здоровье населения. Опасные явления погоды рассмотрены с приложением приближенных стоимостных оценок возможных рисков ущерба для целей адаптации экономики в условиях меняющегося климата. Дано описание состояния загрязнения воздушного бассейна Новосибирска в динамике со второй половины XX века.

Книга рассчитана на метеорологов и климатологов, работников средств массовой информации, а также широкий круг читателей и потребителей данных о климате города и его современных изменениях.

The monography presents characteristic of the climate of Novosibirsk city including sunshine regimen; air and soil (including at depths) temperatures; wind and atmospheric pressure; humidity and precipitation; snow cover; clouds; and atmospheric phenomena based on meteorological data observed during different time intervals within the period 1900–2013, mostly since 1966. For the first time long-term changes of elements of climate are considered, including the period of global warming since the mid 70-ies of the last century and new trends in temperature growth' slowdown during the first decade of the 21st century. The features of the meteorological regime in and around the city are revealed. Climatic characteristics reflecting the impact of climate change on such life spheres as power industry and public health are presented. Hazardous weather phenomena are considered with approximate cost estimation of possible risk of damage for the purpose of economy and people's adaptation to changing climate. Changes in air pollution in Novosibirsk for the second half of the last century are described.

The book is designed for meteorologists and climatologists, media professionals, as well as for a wide range of readers and users of data on the city climate and its current changes.

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор *В.П. Горбатенко*

кандидат географических наук *О.Н. Булыгина*

кандидат географических наук *В.В. Стадник*

Л.М. Псаломщикова

ISBN 978-5-7692-1399-1

© Луцицкая И.О., Белая Н.И., Арбузов С.А.,
2014

© Оформление. Издательство СО РАН, 2014

*Посвящается светлой памяти
Сергея Дмитриевича Кошинского,
доктора географических наук,
заслуженного деятеля науки РСФСР*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мониторинг изменений климата больших городов на фоне наблюдающихся глобальных изменений климата относится к важнейшим проблемам современной науки и становится актуальной прикладной задачей, поскольку процесс урбанизации продолжается нарастающими темпами.

Современные мегаполисы, к каким относится Новосибирск, являются соединением природного и антропогенного ландшафтов, поэтому жизнедеятельность города на всех этапах развития требует научно обоснованного использования присущих ему природных ресурсов, в том числе погодно-климатических. Преобразования природы, происходящие во время создания и функционирования города, приводят к количественным изменениям составляющих радиационного и теплового баланса, обуславливая формирование городского острова тепла, создавая мезо- и микроклиматические особенности; меняются режим ветра и влагообмена, степень загрязнения воздушного бассейна. Именно этими факторами было продиктовано создание серии «Климат города» в 70-х годах прошлого века под научно-методическим руководством Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Согласно унифицированному макету представлено описание климатических условий крупных городов, выполненное на основе обобщения имеющихся к тому времени данных. В этот цикл работ входит и монография «Климат Новосибирска», изданная в 1979 г. [1].

В последующие несколько десятилетий были отмечены самые масштабные за весь период инструментальных наблюдений изменения климата, и проблема интенсивного глобального потепления стала главенствующей. Возросла актуальность вопросов, связанных, с одной стороны, с особенностями влияния изменения климата на условия жизнедеятельности мегаполисов, а с другой – с оценкой их вклада в изменение климата и адаптацией к воздействию этих изменений на эколого-экономические системы.

Вместе с тем замеченные в последние годы новые тенденции к похолоданию, затрагивающие и регион Сибири, требуют определенной корректировки оценок динамики климата и дальнейшего мониторинга.

Настоящее издание «Климат Новосибирска и его изменения» продолжает серию работ по исследованию ресурсов климата одного из крупнейших городов России [1, 2] с учетом новейших данных метеорологических наблюдений.

Представлены режимные характеристики основных элементов климата – солнечное сияние, температура воздуха и почвы, в том числе глубинных слоев, атмосферное давление и ветер, влажность воздуха, атмосферные осадки, облачность и атмосферные явления. Исследованы их многолетние изменения на основе анализа трендов и выполнены сравнительные оценки с климатическими характеристиками, описанными в монографии 1979-го года издания. Приведены метеорологические рекорды конца прошлого и начала нынешнего столетия как показатели экстремальности современного климата. Выявлены различия мезоклиматических условий в системе «город–пригород».

В продолжение прежних прикладных работ [2] рассчитаны некоторые специализированные характеристики применительно к задачам энергетической эффективности и энергосбережения (отопительный период, расчетные климатические характеристики, энтальпия воздуха), а также комплексные биоклиматические показатели (холодовые и тепловые нагрузки), отражающие степень комфортности климата для населения сибирского мегаполиса; оценены ресурсы исследуемого региона по указанным параметрам.

Рассмотрены вероятности возникновения опасных погодно-климатических явлений и их многолетние тенденции. В качестве новых видов экономико-климатической информации представлены ориентировочные стоимостные оценки ущерба, который может быть понесен субъектами экономики от возможных рисков, возникающих при воздействии опасных метеорологических явлений; вычисления произведены по методу, разработанному в ГГО им. А.И. Воейкова.

Дана оценка состояния и динамики химического и радиоактивного загрязнения воздушного бассейна города за пятидесятилетний период наблюдений.

Монографию подготовили научные сотрудники ФГБУ «СибНИГМИ» с участием специалистов ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»:

главы 3, 7, 9–11, 13, 14, 17, 18 – канд. геогр. наук И.О. Лучицкая;

главы 4, 6, 8, 12, 15, 17 – канд. геогр. наук Н.И. Белая, канд. тех. наук С.А. Арбузов;

главы 1, 2, 17, 19 – канд. геогр. наук В.Н. Барактин;

главы 2, 5 – канд. геогр. наук Р.А. Ягудин;

глава 16 – инженер М.И. Босина.

В климатологической обработке информации принимали участие сотрудники отдела климата Гидрометцентра ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» Т.Н. Сазонова, Е.А. Брусенко, О.Г. Степаненко, В.А. Федурин, М.В. Хитева, Л.Н. Коробцова.

Научные исследования, которые легли в основу данной монографии, проводились при выполнении научно-исследовательских работ по планам НИОКР Росгидромета в рамках целевой научно-технической программы «Научно-исследовательские, опытно-конструкторские, технологические и другие работы для государственных нужд в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». Была получена финансовая поддержка (муниципальный грант) мэрии города Новосибирска.

Глава 1

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДА*

Город Новосибирск расположен на юго-востоке Западно-Сибирской равнины на обоих берегах р. Оби. Его географические координаты: 55 градусов северной широты, 83 градуса восточной долготы. На этой широте находятся города Калининград, Москва, Челябинск, Омск. По количеству населения (1,4 млн. чел.) и занимаемой площади (более 500 км²) город занимает третье место в России, уступая лишь Москве и Санкт-Петербургу. От Заельцовского парка на севере до Морского проспекта на юге город растянулся на 43 км, с запада на восток его протяженность 25 км. В городе 1500 улиц, их общая длина 1400 км. Расстояние от Новосибирска до Москвы составляет 3191 км.

Новосибирск – самый молодой из российских городов-миллионеров, отметивший в 2013 г. 120-летний юбилей, является примером в высшей степени удачного географического положения, которое позволило ему стать крупнейшим мегаполисом, одним из административных, финансовых и культурных центров России. Поселение «Новая деревня», возникшее в 1893 г. при строительстве Транссибирской магистрали и железнодорожного моста через р. Обь, уже через 10 лет стало городом, который по имени последнего русского царя был назван Новониколаевском. Население города каждое десятилетие удваивалось, достигнув к середине 1960-х годов миллиона человек. Помимо Транссибирской железнодорожной магистрали через город проходит автодорога «Байкал», связывающая населенные пункты от Челябинска до Иркутска; от Новосибирска проложены автотрассы в Кузбасс, Казахстан, Монголию. В 17 км от Новосибирска находится международный аэропорт Толмачево.

Геологические особенности местности. Город и его окрестности расположены на мощном твердоскальном фундаменте, погребенном под толщей осадочных пород: глиной, гальками, песком.

*По данным энциклопедии «Новосибирск» [3].

В далеком прошлом эту территорию покрывали обширные моря, что способствовало накоплению морских осадков. Местами в окрестностях города на поверхность выходят фрагменты фундамента крупной тектонической структуры – Томь-Колыванской складчатой зоны, которые и формируют современный рельеф. Во второй половине четвертичного периода началось медленное поднятие земной коры, которое продолжается и в настоящее время. В 1965 и 1990 годах на Томь-Колыванском выступе были зарегистрированы небольшие землетрясения, в Новосибирске ощущались толчки силой 2–3 балла по шкале Рихтера, землетрясение 19.06.2013 было также незначительным – менее 2 баллов. По прогнозам ученых лаборатории региональной сейсмичности Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, сильные землетрясения в городе исключены.

Рельеф. Строение земной поверхности Новосибирска определяется его положением на Приобском плато в районе р. Оби. Левобережная часть территории имеет относительно плоский рельеф, максимальная высота в районе площади Карла Маркса составляет 151 м. Правобережная часть изрезана множеством балок и оврагов, относящихся к периферийной части Салаирского кряжа, сильно расчленена долинами рек Обь, Иня, их притоками, многочисленными оврагами. Максимально высокое место правобережья (214 м) находится в Октябрьском районе. Проблему для Новосибирска представляет овражная эрозия, площадь которой составляет около 2 тысяч гектаров. Всего в городской черте 150 крупных и мелких оврагов, развитию которых способствовала хозяйственная деятельность человека: вырубка лесов, распашка склонов, отработка карьеров. Самым значительным результатом в борьбе с оврагами стало «заклечение» в трубу устья р. Каменки и замыв ее склонов. Особых мер требует укрепление берегов Оби и Новосибирского водохранилища.

Вода в черте города. Новосибирск расположен по обоим берегам крупнейшей реки мира – Оби. Это типично равнинная река, ее длина от истока составляет 4338 км, ширина в пределах города – 750–850 м, глубина – до 3 м и более. Скорость течения в межень 0,5–0,7 м/с, в половодье – 2,0–2,5 м/с. Замерзает река обычно в ноябре, вскрывается в начале мая, но ее режим регулируется сбросом воды из водохранилища. Вода в Оби средней минерализации гидрокарбонатного состава, после очистки пригодна для питья. Она отличается повышенным содержанием органических веществ и пониженным – кислорода, что зимой приводит к заморам рыб. В городской черте наиболее крупный правый приток Оби – р. Иня. Другие притоки Оби – Зырянка, Камышенка, Плющиха, Каменка, 1-я и 2-я Ельцовка в районе города мелководны и загрязнены практически

существенно выше нормативов. По оценке Новосибирского городского комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов состояние поверхностных вод на территории города характеризуется как критическое.

Новосибирское водохранилище, созданное в 1957 г., имеет площадь 1070 км², его максимальная ширина 18 км, длина – 185 км, наибольшая глубина – 25 м. Ледостав и вскрытие водоема наступает на одну–две недели позже, чем на р. Обь. Толщина льда на водохранилище достигает порой 100–150 см. Летом вода прогревается до 20–23 градусов.

Наличие крупной р. Обь с широкой долиной, рассекающей город на две части, во многом предопределило характер использования территории и породило проблему связанности частей города. Недостаточное количество мостов через р. Обь и их пропускная способность, отсутствие скоростных магистралей непрерывного движения, транспортных развязок в двух и более уровнях, незавершенность транспортной схемы города характеризуют современное его состояние.

Животный мир. Фауна города Новосибирска и его окрестностей весьма разнообразна. Самыми многочисленными в дикой природе является отряд насекомых – более 1500 видов. В р. Обь и ее притоках, Обском водохранилище водятся судак, лещ, язь, окунь, налим. Имеются ценные породы рыб: осетр, нельма, стерлядь, их лов запрещен. Серьезную опасность для здоровья человека представляет паразит сибирская или кошачья двуустка. Появляясь в печени человека, он вызывает заболевание описторхоз. Заражение происходит при употреблении непрожаренной рыбы (язя, чебака, леща), у которой этот червь паразитирует в личиночной стадии.

В Новосибирске находится единственный в России серпентарий, где разводят гадюк для получения змеиного яда как ценного лекарства. Среди птиц в городе и его окрестностях преобладают сизый голубь, воробей, синица, сорока и ворона. На теплый период прилетают скворцы, ласточки, мухоловки, дрозды. Из хищных птиц встречаются сова, скопа, сыч. Млекопитающие представлены отрядом насекомоядных (ёж, землеройка, крот), грызунов (заяц, белка) и хищников (лиса, ласка, колонок). На окраинах города встречаются парнокопытные (косуля, лось), на них охотятся по лицензии.

Растительность. Территория Новосибирска подразделяется на две крупные зоны, разделенные долиной р. Оби: зону ленточных боров и смешанных лесов правобережья и зону лесостепи левобережья. Строительство Новосибирска начиналось в сосновом лесу с вырубки просеки от устья р. Каменки на север.

Эта просека стала осевой частью главной улицы города – Красного проспекта. Вырубка лесов продолжалась десятилетия, и от ленточного соснового бора правобережья в черте города остались только крупные массивы в Советском и Первомайском районах (Инская лесная дача), а также отдельные островки в Октябрьском районе: Инюшинский бор (16 гектаров), детский парк им. Кирова (7 гектаров). На окраинах северной части города находятся Заельцовский парк (140 гектаров) и парк «Сосновый бор» (14 гектаров). От сохранившихся березовых перелесков остались окультуренные ареалы - Центральный парк (8,6 гектаров), Березовая роща (10,5 гектаров), сад Дзержинского (8 гектаров), массив «Золотая горка» в Дзержинском районе. В левобережье следует отметить парк им. Кирова (12 гектаров), массив смешанного леса (парк «У моря Обского») и крупный березовый массив «Бугринская роща» (166 гектаров), значительно пострадавший при строительстве очередного моста через р. Обь. Расположенный на севере левобережья Кудряшовский бор удален от городской застройки на 8–10 км, так же как и Чемской бор на юге. Это пригородные лесопарки. В пределах городских границ находятся также несколько лесных массивов: урочище «Сухая грива», Речкуновская лесная дача, Ботаническое лесничество. Вместе с городскими парками и скверами эти массивы занимают 12 345 гектаров или 25% всей территории города (табл. 1) [4].

В целом, треть городской территории представляют леса и реки. Однако в пределах старых городских кварталов зеленые насаждения занимают лишь 2,6 %. Иначе говоря, на одного жителя Новосибирска приходится около 9 км² «зелени», что в 3 раза меньше современных градостроительных норм. Водные территории составляют 4102 га (8 %).

Экономическое развитие города. 1930-е годы, когда в Новосибирске появились первые машиностроительные заводы, крупные предприятия деревообрабатывающей, легкой и пищевой промышленности, считают началом экономического развития города. Именно благоприятное географическое положение в немалой степени способствовало индустриализации и развитию города и области, которая до этого была известна только по маслоделению в Барабинской низменности. В промышленности города преобладают машиностроительные и в меньшей степени металлургические предприятия, многие из которых известны на всю страну – это «Сибсельмаш», авиастроительный завод им. В.П. Чкалова, завод химконцентратов, «Электросигнал», Точмаш, Приборостроительный завод, Сибтекстильмаш, Оловянный комбинат.

Новосибирск на всю Россию славится своей научной базой. В Новосибирском Академгородке, других частях города и его пригородах

Т а б л и ц а 1

Баланс территории г. Новосибирска по состоянию на 2007 г.

№ п/п	Наименование территории функциональной зоны	Площадь, га	Процент к итогу
1	Территория жилой застройки, в том числе:	8990	18,2
1.1	Многоэтажная	5760	11,7
1.2	Малоэтажная	3230	6,5
2	Территория общественно-деловых зон, в том числе:	2324	4,8
2.1	Здравоохранения	368	0,8
2.2	Науки, образования	670	1,4
2.3	Физической культуры и спорта	190	0,4
3	Территории зеленых насаждений	12 345	25,0
3.1	в том числе общего пользования	1259	2,6
4	Территории, занятые объектами промыш- ленности, энергетики, связи, транспорта	8275	16,8
4.1	в том числе железнодорожного транспорта	1960	3,9
5	Магистральная улично-дорожная сеть	1820	3,7
6	Территории специального использования	774	1,6
7	Водные пространства	4102	8,3
8	Сады	3831	7,8
9	Кладбища	418	0,8
10	Прочие территории	6415	13,0
Итого		49 294	100,0

П р и м е ч а н и е. Баланс территории по состоянию на 2013 г. представлен в Постановлении мэрии г. Новосибирска № 274 от 21.01.2013.

сконцентрировано 15 вузов, 43 различных института Сибирских отделений РАН, РАМН и РАСХН, свыше 100 ведомственных НИИ по всем направлениям российской науки. В Новосибирске работали многие всемирно известные российские ученые: один из основателей российской космонавтики Ю.В. Кондратюк, авиаконструктор О.К. Антонов, лауреат Нобелевской премии по математике 1975 г. Л.В. Канторович. Выдающаяся роль в развитии науки в Сибири принадлежит академику М.А. Лаврентьеву – создателю и первому Президенту СО РАН.

Новосибирск – крупнейший культурный центр Сибири. В городе работает немало театров: Государственный академический оперный театр – один из крупнейших в мире, театр музыкальной комедии, несколько драматических театров, филармония, консерватория, цирк, краеведческий музей, зоопарк.

Для города характерен постоянный рост его территории. Если в 1938 году его площадь составляла 35 тысяч гектаров, то к 1959 году, в связи со строительством Сибирского научного центра, она увеличилась до 47 тысяч гектаров, а в 2007 году достигла 62,7 тысяч гектаров. Современное использование территории города отличается определенными особенностями (см. табл. 1). Как видно из приведенных данных, жилые территории занимают лишь 18 % городской территории, из которых третья часть – это малоэтажная усадебная застройка. Такие территории расположены вдоль реки Оби и в долинах малых рек (Тула, Плющиха, Ельцовка, Каменка). Они, как правило, не благоустроены, не включены в систему транспортного, медицинского обслуживания и являются источником загрязнения малых рек города.

В настоящее время 106 предприятий города имеют утвержденную санитарно-защитную зону. Наиболее значительные по размеру санитарно-защитные зоны (от 300 до 1000 м) имеют предприятия в Кировской промышленной зоне – ОАО «Оловокомбинат», ОАО «Сиблитмаш», ОАО «Тяжстанкогидропресс», ЖБИ-1, ОАО «НИИХТ», в Ленинской промышленной зоне – ОАО «СИБИАР», Металлургический завод им. Кузьмина, в Дзержинской промышленной зоне – НАПО им. В.П. Чкалова, «Стройкерамика», ЖБИ-2, ЖБИ-4, «Керамзит».

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации общая протяженность водоохранных зон водных объектов в пределах границ города составляет 300 км, площадь – более 4000 гектаров. Самые загрязненные территории расположены на площади промышленных зон, захватывая частично и жилую застройку. В наибольшей степени негативное влияние на загрязнение воздушного бассейна города оказывают предприятия энергетики: ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, ТЭЦ-5, которые постоянно увеличивают объемы сожженного топлива и выбросы в атмосферу.

Новосибирск относится к городам со средней степенью техногенной опасности. Зонами повышенной опасности является Транссибирская железная дорога в связи с перевозками опасных грузов. Опасны, вследствие износа оборудования шлюзов и плотины, объекты Новосибирской ГЭС, расположенной выше по течению реки.

Опасными метеорологическими явлениями, которые могут вызвать чрезвычайные ситуации, являются ураганные ветры порывами до 40 м/с, сильные морозы до -50°C [5]. Сейсмическая опасность при массовом строительстве рассчитана на возможное землетрясение силой 6 баллов, а при строительстве объектов повышенной ответственности – 7 баллов. Большие территории в пригородах, занятые лесами, создают

угрозу лесных и торфяных пожаров, пожароопасность в частном жилом секторе также является довольно высокой.

Реализация мероприятий в области охраны окружающей среды в городе в последние годы осуществлялась в соответствии с Программой на 2000–2005 гг., утвержденной решением городского Совета от 4.05.2000 № 325. К основным ее результатам следует отнести следующее:

- сократились более чем на 300 000 тонн выбросы вредных веществ в атмосферу города, в том числе на 90 % снизился валовой выброс соединений свинца за счет перехода на неэтилированный бензин и газомоторное топливо;

- уменьшились на 2000 тонн валовые выбросы в приземный слойзагрязняющих веществ от труб печного отопления вследствие газификации частного сектора;

- в период с 2000 до 2005 г. газифицировано более 6500 домов частного сектора, проведено 330 км газопроводов, закрыто 37 экологически неэффективных котельных и переведено на газ 20 действующих;

- в 2006 г. введен в действие мусороперерабатывающий завод в Кировском районе, проектируется такой же завод в Дзержинском районе;

- проведена инвентаризация 33 земельных участков, занятых скверами и парками, утверждены границы объектов озеленения общего пользования во всех районах города.

Вместе с тем, учитывая существенные отклонения параметров городской среды от экологических требований, создаются новые экологические программы по оздоровлению городской среды, защите территорий от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Глава 2

ИСТОРИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА

Первая метеорологическая станция «Новониколаевск» была организована на левом берегу Оби в Кривошекове – поселке строителей железнодорожного моста через реку Обь в 1891 г. Началу регулярным метеонаблюдениям положила необходимость инженерных расчетов при строительстве моста. В 1897 г. метеорологическая станция была перенесена на правый берег Оби к железнодорожному мосту и стала называться «Правая Обь». Она состояла при конторе начальника участка железной дороги и в 1925 г. получила название «Новосибирск», соответствуя новому наименованию города. Особое значение для развития метеорологических наблюдений в Западной Сибири и, в частности, в Новосибирске имело Постановление Президиума Западно-Сибирского краевого исполнительного комитета от 17 мая 1930 г. «О реорганизации метеорологической и гидрологической службы в крае». Согласно решениям крайисполкома в том же году в Новосибирске была организована гидрометеорологическая станция Новосибирск, Бугры. В 1936 г. в 6 километрах от нее в пос. Огурцово открылась метеорологическая станция, которая в 1941 г. получила статус агрометеорологической. В 1956 г. она была перенесена на юго-восточную окраину поселка, где находится и в настоящее время. Станцию Новосибирск, Бугры в связи с быстрой застройкой территории жилыми домами в 1958 г. закрыли.

В 1931 г. был создан Гидрометеорологический комитет при Новосибирском крайисполкоме, появились новые формы метеорологического обслуживания различных хозяйственных структур и населения: организованы службы урожая, железных дорог, водного транспорта и авиации. Через два года Комитет был реорганизован в Западно-Сибирское краевое Управление единой Гидрометеорологической службы СССР.

12 мая 1933 г. в городском аэропорту открыта авиаметеорологическая станция (АМСГ) [6]. В 1944 г. при авиазаводе им. В.П. Чкалова создается оперативная метеогруппа для обеспечения

безопасности испытательных полетов. Датой организации АМСГ в Толмачево считается 7 мая 1957 г., когда в небе Новосибирска появились первые самолеты Ту-104.

В 1964 г. в аэропорту Толмачево был организован зональный авиаметеорологический центр (НЗАМЦ), объединивший все авиационные метеорологические подразделения города. Почти 20 лет продолжалось самолетное зондирование атмосферы, сначала на самолете Ли-2 до высоты 7 километров, потом на самолете Ил-28 – до высоты 12 километров.

Для изучения гидрометеорологического режима вновь созданного Новосибирского водохранилища было организовано два пункта метеорологических и гидрологических наблюдений: один в 1956 г. на берегу вблизи плотины ГЭС, другой – в 70 км от него на острове Каменный (1981 г.) – метеостанция получила название Остров Дальний. В 1957 г. с завершением строительства ГЭС создается специализированная Обская гидрометеорологическая обсерватория. В 1964 г. в Новосибирске открыт пункт градиентных наблюдений в приземном слое атмосферы, расположенный на телевизионной мачте. К сожалению, он просуществовал недолго.

С целью подготовки кадров радистов-наблюдателей в Новосибирске было открыто специальное учебное заведение – ГПТУ-7, отметившее в 2009 г. свое 55-летие. При нем работает учебная метеостанция, проводятся регулярные наблюдения с 1962 г.

Регулярные наблюдения за загрязнением атмосферы в крупнейших городах России, в том числе и в Новосибирске, начаты в 1961 г.

В 1966 г. вступил в строй наземный комплекс пункта приема информации с искусственных спутников Земли, находящийся в пос. Новый (к юго-востоку от Академгородка).

Кроме метеорологических станций Росгидромета существуют так называемые ведомственные станции, где также ведутся метеорологические наблюдения. Работают они с 1949 г. в Ботаническом саду СО РАН, с 1959 г. – в Тулинском учебном хозяйстве Новосибирского аграрного университета. Это фенологические станции, изучающие зависимость явлений живой природы от условий погоды. В 1960 г. открыты биоклиматические станции в Заельцовском и Речкуновском санаториях, задача которых – изучение микроклимата санаториев и его влияния на больных. Материалы наблюдений используются для мезоклиматического районирования Новосибирска и в лечебной практике.

В 1935 г. в Новосибирске (пос. Бугры) с открытием аэрологической станции начались измерения с помощью радиозондов характеристик

свободной атмосферы: температуры, ветра, давления, влажности на высотах до 40 км. В аэропорту Толмачево работает пункт локационного контроля грозовой деятельности в теплое время года с охватом территории радиусом до 300 км.

Большая потребность в справочных климатических сведениях о погоде на аэродромах и авиатрассах возникает у специалистов, занимающихся вопросами планирования полетов. Такие сведения впервые получены на основе механизированной обработки ежечасных метеорологических наблюдений на аэродроме Новосибирск [7]. Проведен анализ годового и суточного хода повторяемости градаций высоты нижней границы облаков, дальности горизонтальной видимости, ветра, условий погоды различной сложности, опасных для авиации явлений погоды. Эта информация, дополненная материалами последних лет наблюдений [8], необходима при составлении расписания движения воздушных судов с целью минимизации погодных рисков и выбора наиболее безопасного и удобного времени полетов. Подобные данные получены и для аэродрома Толмачево [9].

Исследования климата города. Первые сведения о климате города Новосибирска можно найти в монографии Л.И. Колдомасова «Климат Западной Сибири» издания 1947 г. [2]. Небольшая по объему (58 страниц) книга дает достаточно полное представление о климате региона расположения Новосибирска на основе анализа средних многолетних величин и повторяемостей параметров: солнечного сияния и облачности, температуры и влажности, атмосферных осадков. Автор включил в работу также целый ряд климатических характеристик, которые были предназначены для прикладных задач сельского хозяйства: испарение, засухи, суховеи, показатели потребности полевых культур в осадках в различные периоды развития. Для исследования был использован первый «Климатологический справочник по СССР», обобщавший данные с начала наблюдений на метеорологических станциях по 1915 год.

В 1962 г. вышла в свет фундаментальная монография В.В. Орловой «Климат СССР. Западная Сибирь», в которой содержится характеристика основных климатообразующих факторов в зависимости от физико-географических особенностей территории [10].

В 60–70-е годы прошлого столетия активно проводились климатологические исследования для обеспечения различных сторон жизнедеятельности Новосибирска в процессе реализации градостроительных решений. Результатом многолетних исследований сибирских климатологов совместно с ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре явились работы по оценке широкого

спектра микроклиматических особенностей различных типов жилой застройки Новосибирска [11], с разным уровнем озеленения и залесенности (на примере Новосибирского Академгородка). Получены оценки микроклимата с точки зрения теплоощущений человека и условий дискомфорта в разных типах застройки [12, 13]. Благодаря сотрудничеству с Сибирской Академией медицинских наук получили развитие исследования в области биоклиматологии. В частности, изучено воздействие изменчивости погодных условий на больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями в Новосибирске [14].

Интенсивное развитие города, смена его экологии и новые запросы экономики – все это привело к необходимости более полного описания климата самого крупного и развивающегося города Западной Сибири. В 1979 г. вышел в свет фундаментальный труд – монография «Климат Новосибирска» [1] под редакцией заслуженного деятеля науки РФ, доктора географических наук С.Д. Кошинского, а также сотрудников Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Санкт-Петербург): К.Ш. Хайруллина и Ц.А. Швер. Работа выполнена в лаборатории изучения климата больших городов при участии ведущих климатологов

ЗапСибРНИГМИ В.Л. Кухарской и И.А. Изнаирской.

В книге освещены основные черты климата Новосибирска. Рассмотрены закономерности радиационных, циркуляционных и физико-географических факторов, определяющих климат Западной Сибири. Дано описание температуры воздуха и почвы, осадков, снежного покрова, облачности и атмосферных явлений за различные временные интервалы – в пределах периода с начала метеорологических наблюдений в 1891 г. по 1975 г.

Впервые изложены сведения о состоянии загрязнения атмосферного воздуха, приведены санитарно-гигиенические оценки с учетом размещения промышленных предприятий и изучены микроклиматические особенности районов города на основе специально организованных временных пунктов наблюдений. Одна из глав монографии была посвящена вопросу внутривековых изменений климата Новосибирска – колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков.

Указанные работы в наше время – библиографическая редкость, однако как исторические данные о климате они приобретают огромное значение для оценок наблюдающихся его изменений. Эти аспекты впоследствии нашли отражение в серии работ по климату городов и регионов [15–21].

Глава 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Многолетний ряд температуры воздуха в Новосибирске за 114 лет (1900–2013 гг.) составлен по данным трех станций: Новосибирск, ж.-д. (1900–1930 гг.), Новосибирск, Бугры, (1931–1957 гг.), агрометеорологическая станция А Огурцово (1958–2013 гг.). Результаты измерений метеорологических параметров на указанных станциях признаны однородными [1], и поэтому общий период наблюдений считается длиннорядным. По классификации Росгидромета ст. Огурцово является реперной климатической станцией и включена в список станций РОСС (региональная опорная синоптическая сеть). Восстановление пропусков среднемесячных значений, которые имели место в рядах до 1928 г., выполнено методом приведения.

Для оценки мезоклиматических особенностей города помимо ст. Огурцово привлекались банки метеорологических данных станций второго разряда: М-II Учебная и Обская ГМО – 1966– 2007 гг., М-II Остров Дальний – 1981–2007 гг. и дополнительно данные за 2005–2009 гг. на указанных станциях, включая АМСГ-II Новосибирск – Северный (городской аэродром). Характеристика местоположения пунктов наблюдений представлена в табл. 2, схема расположения пунктов в городе – на рис. 1, в окрестностях – на рис. 2.

В работе был предусмотрен один из важнейших этапов обработки банков данных – контроль метеорологических рядов элементов климата. В частности, к высоте снежного покрова применена технология контроля, разработанная в СибНИГМИ и внедренная в отделе климата Новосибирского ЦГМС-РСМЦ [22].

Многолетние изменения параметров климата оценивались двумя способами: как разности климатических характеристик за период 1966–2013 гг. (по температуре воздуха – с 1900 г.) с данными монографии «Климат Новосибирска» (1891–1975 гг.) и как тенденции в пределах одного периода с оценками изменений.

Описание местоположения метеорологических станций

№ п/п	Станция	Характеристика местоположения
1	А Огурцово	Высота станции 130,7 м над ур. м. В качестве метеостанции второго разряда открыта в 1936 г., а в 1941 г. получила статус агрометеорологической. В 1956 г. начаты актинометрические наблюдения, в 1965 г. – теплобалансовые. Расположена на южной окраине г. Новосибирска в 20 км от центра города. Местность ровная, занята полями с полеваями защитными полосами. Река Обь протекает в 4 км к востоку. Метеорологическая площадка находится в 1200 м от крайних одноэтажных построек и открыта со всех сторон
2	М-П Учебная	Высота станции 128,8 м над ур. м. Основана в 1955 г. Находится на левом берегу Оби. В охранной зоне станции имеются постройки различной этажности; в частности, в 20 м к югу, в 50 м к юго-западу и северу расположены 5-этажные здания, в 100 м к северо-востоку построен 12-этажный дом. В радиусе 30 м площадка окружена деревьями. Станция городского типа
3	М-П Обская ГМО	Высота станции 119,2 м над ур. м. Основана в 1956 г. Станция расположена в прибрежной зоне Новосибирского водохранилища. В 500 м к востоку ниже плотины протекает река Обь шириной до 1000 м в направлении с юга на север. К северу от станции в 3 км находятся поля, чередующиеся с полеваями защитными полосами шириной 40 м, которые состоят преимущественно из лиственных пород
4	М-П Остров Дальний	Высота станции 122,7 м над ур. м. Открыта в 1981 г. Станция расположена в 70 км южнее плотины Обь ГЭС в средней части Новосибирского водохранилища на Острове Дальнем (Каменном). Метеорологическая площадка располагается в южной части острова на возвышенном ровном месте, в 100 м от воды. В непосредственной близости простирается полоса березового леса с высотой деревьев 10 м, к западу в 160–200 м – березовые колки
5	АМСГ-II Новоси- бирск – Северный	Высота станции 172,6 м над ур. м. Открыта в 1933 г., закрыта 1 мая 2011 г. Расположена на северной окраине г. Новосибирска. Метеоплощадка находится на летном поле, на расстоянии 1 км от здания аэровокзала и других строений. На северо-западе (около 1 км) расположен сосновый бор – лесопарковая зона Заельцовский парк. С юга в непосредственной близости находятся городские кварталы Заельцовского района города. Местность вокруг аэродрома равнинная, в сторону реки покрытая сосновым и березовым лесом

Пр и м е ч а н и е. Далее в таблицах и тексте разряд метеостанции и специфика деятельности опущены.

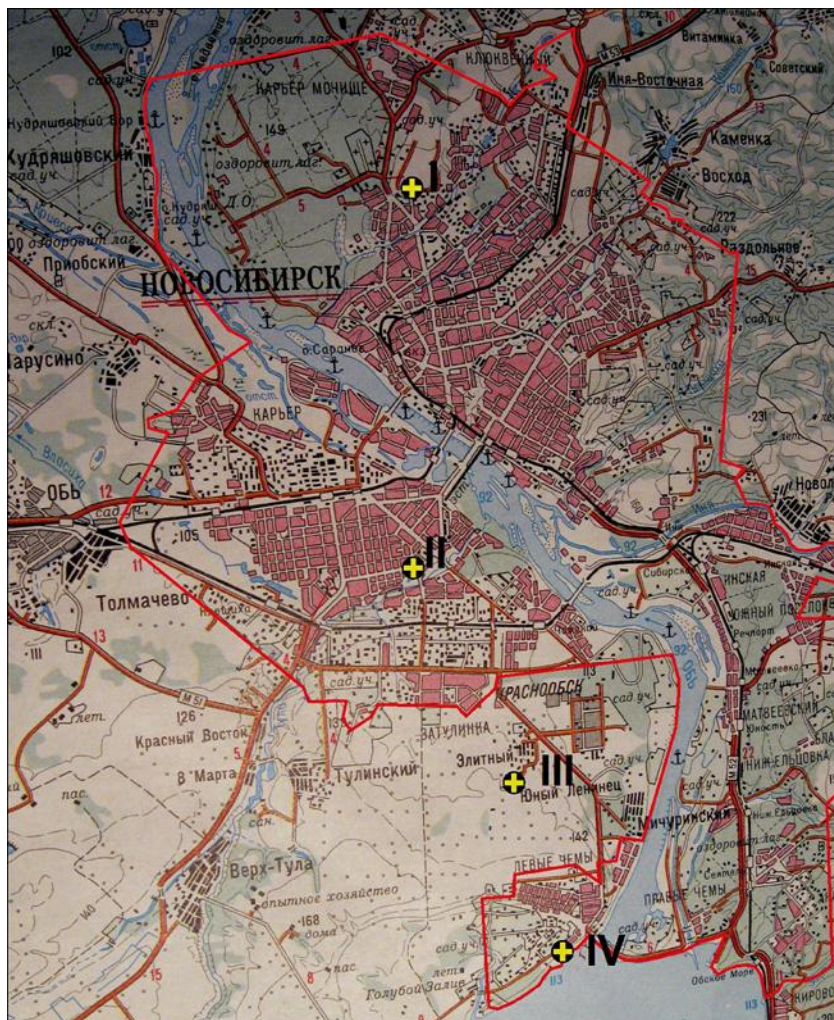


Рис. 1. Схема расположения метеорологических станций.

I – АМСГ Новосибирск-Северный; II – Учебная, III – Огурцово; IV – Обская ГМО.
Расположение ст. Остров Дальний представлено на рис. 2

Мерой интенсивности климатических изменений служит коэффициент линейного тренда, характеризующий среднюю скорость изменения климатического параметра. В качестве показателя существенности тренда приводится доля дисперсии, обусловленная трендом, выраженная в процентах от полной дисперсии климатической переменной за рассматриваемый период [23].

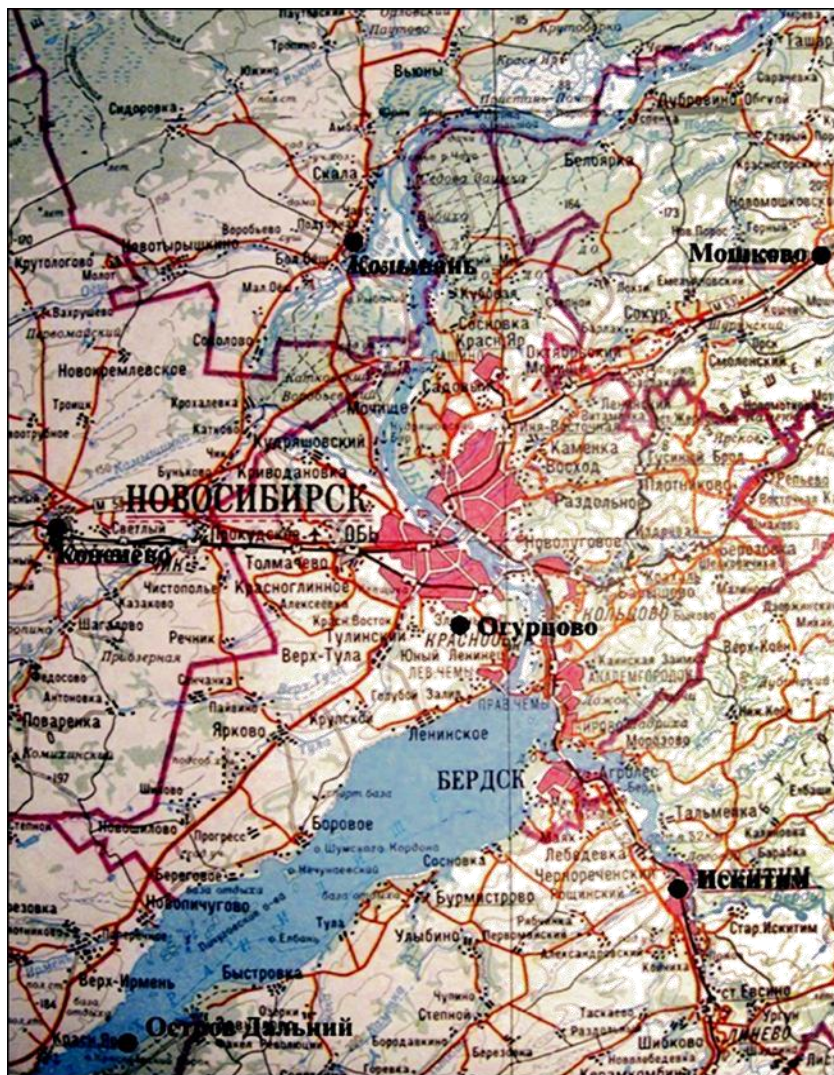


Рис. 2. Схема расположения метеорологических станций в окрестностях Новосибирска

Статистическая значимость трендов оценивалась по критерию Стьюдента [24] на 5%-ном, 1%-ном и 0,1%-ном уровнях значимости, последний из них свидетельствует о наиболее высокой степени достоверности тенденции (табл. 3).

Следовательно, если расчетная величина критерия Стьюдента (t) меньше предельной t_{τ} , на уровне значимости $p = 5\%$ считается,

Пределные значения критерия Стьюдента $t_{(r)}$

Уровень значимости p , %	Длина ряда n , лет					
	110	80	60	40	35	25
5	1,98	1,99	2,00	2,02	2,04	2,06
1	2,63	2,64	2,66	2,70	2,72	2,79
0,1	3,39	3,43	3,46	3,55	3,60	3,73

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее в таблицах фоном отмечены критические уровни разной степени значимости.

что элемент климата не испытывает однонаправленной тенденции изменения. В ряде случаев ряды аппроксимировали полиномом второй (квадратический тренд) и третьей (кубический тренд) степени, более полно описывающими особенности межгодовых колебаний климатического параметра. На графиках помещены соответствующие уравнения тренда, в том числе линейного. Расчеты климатических характеристик выполнены в системе управления базами данных CLICOM и CliWare.

Отметим, что в 2010–2011 гг. в соответствии с Программой модернизации и технического перевооружения организаций Росгидромета на метеостанциях Огурцово, Учебная, Остров Дальний установлены автоматические метеорологические комплексы (АМК). Они предназначены для производства измерений в автоматическом режиме основных параметров погоды: давления, температуры, влажности, ветра, жидких осадков, а также для формирования и передачи соответствующих информационных телеграмм в центры сбора информации и другим потребителям. Кроме того, на ст. Огурцово установлен актинометрический комплекс BSRN (Базовая наземная радиационная станция) с датчиками для измерения прямой, рассеянной, отраженной, суммарной, приходящей и уходящей солнечной радиации. Этот комплекс должен входить в международную сеть радиационных наблюдений, которая будет осуществлять непрерывный мониторинг радиации Солнца наряду со спутниковыми системами.

Глава 4

ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КЛИМАТА

По существующей классификации климат Новосибирска характеризуется как континентальный. Его формирование происходило под влиянием взаимодействия ряда факторов, главнейшими из которых являются солнечная радиация, атмосферная циркуляция и характер подстилающей поверхности. На климат города также оказывает влияние его географическое положение на юго-востоке Западно-Сибирской равнины, что позволяет свободно распространяться волнам холода с севера и тепла – с юго-запада. Поэтому зимой могут отмечаться как сильные морозы, так и непродолжительные оттепели (1–2 дня).

Сибирская столица расположена восточнее Москвы на 3000 км и западнее Улан-Батора на 2000 км, поэтому в климате Новосибирска в основном проявляется суровая континентальность Азиатского материка, хотя и ощущается смягчающее влияние Атлантики.

Общее представление о климате за период 1966–2013 гг. и его изменении по сравнению с аналогичными характеристиками, представленными в монографии «Климат Новосибирска» [1], дают средние показатели отдельных элементов, рассчитанные из многолетнего ряда наблюдений (табл. 4).

Анализируя средние многолетние параметры климата, представленные в настоящей работе и в предыдущем издании [1], можно отметить, что климат в Новосибирске в среднем стал «теплее» на 1,1 °С, в основном за счет повышения температуры воздуха в зимние месяцы. Так, средняя температура самого теплого месяца выросла всего на 0,3 °С, самого холодного – на 1,2 °С. Абсолютная годовая амплитуда температуры воздуха сократилась на 5,8 °С. Однако заметим, что на фоне глобального потепления зимние сезоны 2000–2001, 2005–2006, 2009–2010 и 2010–2011 гг. были в Сибири достаточно холодными.

Количество осадков за холодный период 1966–2013 гг. увеличилось на 25 мм, что позволило «вырасти» снежному покрову на 6 см по сравнению с предыдущими годами.

Основные характеристики климата

Элемент климата	Наши данные 1966–2013 гг.	Данные [1]
Температура воздуха, °С:		
средняя годовая	1,3	0,2
самого теплого месяца	19,3	19,0
самого холодного месяца	–17,7	–18,9
абсолютный максимум	36,6	37,2
абсолютный минимум	–46,3	–51,5
абсолютная годовая амплитуда	82,9	88,7
Сумма осадков, мм:		
теплый период (апрель–октябрь)	319	330
холодный период (ноябрь–март)	120	95
год	440	425
Средняя скорость ветра, м/с	3,1	4,1
Относительная влажность воздуха, %	73	74
Облачность, баллы:		
общая	7,1	6,8
нижняя	3,2	3,5
Солнечное сияние:		
продолжительность, ч	2088	2077
число дней без солнца	67	67
Средняя высота снежного покрова, см	43	37

Теплый период (апрель–октябрь) в Новосибирске стал более «сухим», количество осадков снизилось на 11 мм. Памятны новосибирцам засушливые годы, когда летом не бывало дождя в течение 2–3 недель. Так, в 2012 г. количество осадков в июне, июле и августе составило всего 22,7 мм, а в июле и августе 1989 г. – 28 мм, т.е. почти на порядок меньше нормы теплого периода.

Климат в городе теперь можно характеризовать менее «ветреным», средняя скорость по сравнению с представленной в [1] уменьшилась с 4,1 до 3,1 м/с.

Количество общей облачности выросло на 0,3 балла, нижней, наоборот, уменьшилось на такую же величину. Незначительно, всего на 11 часов, возросла продолжительность солнечного сияния, постоянным осталось число дней без солнца – 67.

Глава 5

ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Погода и климат любого района Земли в большой степени определяются атмосферной циркуляцией – системой воздушных течений, охватывающих значительные по площади географические районы. Благодаря циркуляции осуществляются процессы тепло- и влагообмена воздушных масс, формирующихся в разных условиях радиационного режима и подстилающей поверхности.

Территория Западной Сибири, расположенная в умеренных и частично в высоких широтах северо-западной части Азии, испытывает на себе все флуктуации общей циркуляции атмосферы. Ограниченность Западно-Сибирской равнины с юго-востока и востока горными системами Алтая, Среднесибирского плоскогорья и открытость ее Северному Ледовитому океану на севере и обширным пространствам Казахстана и Средней Азии на юге способствуют свободному проникновению сюда арктических и тропических масс воздуха. Невысокие массивы Уральского хребта не являются серьезным препятствием для вторжения в районы Западной Сибири воздушных масс с Атлантики.

Все многообразие атмосферных процессов Г.Я. Вангенгейм и А.А. Гирс обобщили в виде трех форм циркуляции в пределах атлантико-евразийского сектора Северного полушария: зональной (или западной) – W , восточной – E и меридиональной – C [25, 26].

При зональной форме W в толще тропосферы наблюдаются волны малой амплитуды, быстро смещающиеся с запада на восток. При этом у земли и на высотах зональные составляющие циркуляции усилены, а меридиональные – ослаблены. Пути циклонов и антициклонов соответствуют зональному процессу: южнее 50-й широты проходят антициклоны, а севернее – циклоны. Согласно [25] благоприятные условия для формирования данного типа процесса создаются в том случае, когда над арктическим бассейном располагается высокий циклон, прослеживающийся во всей толще тропосферы. Циклонически

изогнутые изогипсы, заметно сгущенные на его южной периферии, образуют планетарную высотную фронтальную зону (ПВФЗ), ось которой проходит по северным районам Евразии. При более южном положении ПВФЗ, когда центр высокого циклона находится над Обской губой (север Тюменской области), пути циклонов проходят от берегов Англии через европейскую часть России на юг Урала и центральные районы Западной Сибири (в полосе 50–60° с.ш.). Соответственно смещается к югу и полоса высокого давления.

Вынос с Атлантики теплых и влажных масс воздуха зимой способствует разрушению сибирского антициклона и вызывает значительное повышение температуры воздуха, обильные снегопады и метели на юге Западной Сибири, в том числе и в Новосибирске [27].

Вероятность положительных аномалий температуры при форме *W* достигает в Западной Сибири 80% и более, а вероятность положительных аномалий осадков – 60–70%.

С западными циклонами также связана существенная доля (18 %) случаев выпадения значительных осадков летом.

В летнее время особенности циркуляции типа *W* сохраняются, но области повышенного и пониженного давления смещаются к северу. При этом южная зона повышенного давления связана в основном с деятельностью азорского максимума. В этом случае юг Западной Сибири оказывается под влиянием ядер высокого давления азорского происхождения, что вызывает засушливую погоду в основных сельскохозяйственных (южных) районах Сибири [28, 29]. Вместе с тем осадкообразующие влажные воздушные массы атлантического происхождения при процессах *W* претерпевают значительные изменения во время своего длительного прохождения над континентальными районами Евразии на пути в Западную Сибирь.

Основная масса осадков в холодный период выпадает на фронтальных разделах циклонов арктического фронта и на фронтах окклюдий, проходящих по северу циклонов. Весной в процессах осадкообразования усиливается роль циклонов полярного фронта (в дополнение к основной роли циклонов арктического фронта). В летнее время значительное количество осадков выпадает на фронтах циклонов, образующихся над центральными районами Западной Сибири, и на вторичных холодных фронтах западных циклонов. Главный июльский максимум осадков связан с циклонической деятельностью на полярном фронте при максимальном влагосодержании воздушных масс и интенсивном развитии восходящих конвективных токов над нагретой сушей [29].

С активным циклогенезом связано большинство неблагоприятных и опасных явлений погоды. Зимой наиболее сильные метели и ветры обусловлены глубокими циклонами. При этом наличие квазистационарного сибирского максимума на востоке вызывает образование значительных барических градиентов при продвижении циклонов с запада, что способствует усилению ветра. При западных процессах ветер до 15–20 м/с и более вероятен, когда центр циклона проходит над средним течением Иртыша и Оби, а территорию региона пересекает система фронтов различного типа на фоне значительных перепадов давления [10]. При выносе на районы Западной Сибири воздушных масс атлантического происхождения в холодный период года в зоне теплых фронтов и окклюзий нередко отмечается выпадение переохлажденных осадков в виде дождя, мокрого снега и образование гололеда. В летнее время циклоны западного происхождения, а также конвективная неустойчивость являются причиной возникновения опасных конвективных явлений (грозы, град, шквал, сильный ливень).

Процессы меридиональной формы С характеризуются развитием в тропосфере стационарных волн большой амплитуды, при которых над Западной Сибирью преобладает юго-западный, реже южный перенос воздушных масс. Траектории движения основных циклонов и антициклонов разделены линией Аральское море – Алтай – Красноярск, северо-западнее которой проходят циклоны, а юго-восточнее – антициклоны. Циклоны, выходящие на Западную Сибирь, чаще зимой и в переходные сезоны зарождаются южнее 50° с.ш. над Каспием, Средней Азией и Казахстаном. Необходимым условием для выхода южных циклонов на Западную Сибирь является наличие глубокой меридионально ориентированной ложбины на европейскую территорию России (ЕТР) [30]. Если ось ложбины проходит восточнее Урала, то выход южного циклона наиболее вероятен на восточные районы Западной Сибири. Когда ось ложбины направлена на Предуралье, то центры циклонов достигают среднего и нижнего течения Иртыша.

Южные циклоны обычно характеризуются большими скоростями перемещения. Согласно [31] циклоны из районов Каспия могут достигнуть Новосибирска за 1,5 суток. Сочетание больших скоростей перемещения циклонов со значительным их углублением вызывает резкие изменения температуры, сильные ветры, метели, оттепели, гололедные явления. Непосредственно перед выходом южного циклона холодный фронт другого глубокого циклона, находящегося на севере ЕТР или Западной Сибири, принимает крайне южное положение. Нарастание термобарических контрастов высотной фронтальной зоны

(ВФЗ) в этом районе обеспечивает регенерацию циклона, находящегося в районе Арала – Каспия, и его стремительное продвижение к северо-востоку. Эти циклоны могут быть образованиями как средиземноморской, так и среднеазиатской ветвей полярного фронта.

При частой повторяемости процессов типа *C* благодаря выносу теплых воздушных масс с юга наблюдаются теплые зимы на юго-востоке Западной Сибири, в том числе в Новосибирске.

В случае быстрого прорыва южного циклона к северу может отмечаться резкое повышение температуры (до 20 °С и более в сутки) вдоль всей восточной части Западной Сибири. При этом северо-западные районы Сибири оказываются в зоне с отрицательной аномалией температуры. Как показано в [27], при формировании экстремально теплых месяцев в Западной Сибири повторяемость дней с формами циркуляции *W* и *C* колеблется в широких пределах: от 21–25 до 41–49% общего числа дней данного месяца. Таким образом, для формирования крупных температурных аномалий немаловажным является не только повторяемость конкретного типа процесса, но и его интенсивность, термический фон в районе формирования воздушной массы, состояние подстилающей поверхности.

С прохождением юго-западных и южных циклонов связано примерно 50% случаев значительных осадков на юге Западной Сибири (10 мм и более за сутки в теплое полугодие и 4 мм и более – в холодное). При этом длительные дождливые периоды устанавливались, когда быстро углубляющийся циклон после своего выхода на юго-восток Западной Сибири превращался в высокое и малоподвижное образование [27, 32].

Следует, однако, подчеркнуть, что более характерным для формы циркуляции *C*, особенно для теплого периода, является ситуация с недобором осадков. Засушливость связана с преобладающим переносом сухих континентальных масс воздуха из районов Казахстана и Средней Азии в теплых секторах циклонов, перемещающихся по крайним западным районам Сибири. В засушливые годы усиливается вынос сухого воздуха с юго-востока, что при развитии нисходящих движений воздуха на западной периферии антициклона, располагающегося над Алтаем, еще более понижает влагосодержание воздуха и способствует деградации облачности.

Как отмечалось выше, среди опасных явлений холодного полугодия, связанных с южными циклонами, наиболее частыми для Западной Сибири являются метели. Вследствие значительных барических градиентов в передней части циклона штормовые ветры и

метели начинаются задолго до прохождения теплого фронта. При прорывах южных циклонов большие градиенты наблюдаются нередко и за холодным фронтом, что способствует формированию максимально широкой зоны метелей, поземков, сильных ветров [10]. Интенсивность метелей достигает максимума, когда циклон пересекает Новосибирскую, Омскую и Томскую области, и контрасты температуры воздуха в нем достигают 25°C и более на 1000 км. Отмечены случаи интенсивных метелей не только при относительно высокой температуре, но и при низких температурах (до -25°C) в тылу за холодным фронтом.

Порывистый ветер (≥ 15 м/с) на юго-востоке Западной Сибири чаще (60% случаев) наблюдается при прохождении холодных фронтов. Наиболее сильные ветры (≥ 25 м/с, порой ураганные до 33–40 м/с) отмечаются при перемещении глубоких циклонов и фронтов со скоростью 70–90 км/ч и более. Помимо конвективных явлений погоды (грозы, град, шквал), связанных с юго-западными циклонами, в летнее время на территории юга Западной Сибири (и в районе Новосибирска) нередки пыльные бури, обусловленные усилением ветра при перемещении циклонических образований из районов Средней Азии и Казахстана.

Процессы восточной формы циркуляции E, так же как и процессы формы *C*, характеризуются стационарными волнами большой амплитуды в тропосфере, но основные гребни и ложбины имеют обратное расположение. При процессах восточной формы циркуляции над европейской территорией России и Уралом располагается гребень, а глубокие барические ложбины – над Сибирским регионом и Западной Европой [25, 26]. Характерной особенностью планетарной высотной фронтальной зоны при типе *E* является ее меридиональная направленность, способствующая глубокому межширотному воздухообмену и осуществлению вторжения арктического воздуха в южные районы Западной Сибири.

С типом циркуляции *E* связаны так называемые «ныряющие» циклоны [30], смещающиеся на южные районы Западной Сибири с северо-запада, реже – с севера из районов Карского и Баренцева морей. Наибольшая их повторяемость наблюдается зимой и в переходные сезоны. Достигая южных районов Омской или Новосибирской областей, такие циклоны меняют направление на восточное или северо-восточное. Эволюция циклонов северного типа в определенной мере связана с длительностью существования высотного гребня над Уралом. «Нырянию» циклонов предшествует циклоническая деятельность в арктическом бассейне.

С развитием формы циркуляции *E* связаны также полярные (с севера и северо-запада) и ультраполярные вторжения антициклонов на юг Западной Сибири. В последнем случае антициклональные образования формируются над Таймыром или Якутией и перемещаются с северо-востока на юго-запад, в районы средней Оби, в дальнейшем круто поворачивая на юго-восток и сливаясь с Сибирским антициклоном – важным погодообразующим фактором в холодный период года. Северная периферия его захватывает юго-восток Западной Сибири, а гребень распространяется на северные районы Казахстана. С одной из разновидностей формы *E* связано «надвигание» Сибирского антициклона на Западную Сибирь вследствие его усиления [10]. При этом высотный гребень направлен с юго-востока европейской части территории России в низовья Енисея. Развивающиеся южнее гребня северо-восточные и восточные потоки обеспечивают адвекцию холодного арктического воздуха в южные районы, рост атмосферного давления в приземном слое и развитие Сибирского антициклона на запад. Следующей стадией может явиться образование отдельного ядра и его стационарирование на востоке и юго-востоке ЕТР.

Развитие крупномасштабных высотных гребней над ЕТР и Уралом приводит к нарушению (блокированию) западного переноса воздушных масс. Нередко блокирование продолжается от нескольких суток до нескольких недель и месяцев. В качестве примера можно упомянуть лето 1972, 2010 и 2011 гг. Зимой Сибирский антициклон может сливаться с полем приземного антициклона, создаваемого уральским блоком, и усиливать его. При этом зарождается мощная многоцентровая антициклоническая система, охватывающая всю территорию Сибири, с гребнем, выходящим на ЕТР. Установление блокирующего гребня приводит к образованию полярных антициклонов, формирующихся под северо-восточной областью высотного гребня в нижних слоях в массах арктического воздуха, которые усиливаются и смещаются по восточной периферии гребня в южном направлении.

При повышенной повторяемости процессов типа *E* вследствие вторжения арктических масс воздуха и развития ночного выхолаживания на территории юго-востока Западной Сибири, в том числе в районе Новосибирска, формируются аномально холодные зимы. При этом минимальные температуры могут достигать $-35...-40$ °C и ниже. В качестве примера можно привести январь 2006 г., зимы 2009/10 г., 2010/11 г., январь–февраль 2012 г. Вероятность отрицательной аномалии температуры над большей частью Западной Сибири при осуществлении восточной формы зимой превышает 70%, а в восточных

районах приближается к 100%. Согласно [27, 30] для формирования экстремально холодных месяцев решающим является частое прохождение полярных антициклонов по скандинавской и карской осям, а в зимнее время – ультраполярных арктических вторжений. Нередко после них наблюдается длительное стационарирование антициклона над Западной Сибирью. Порой экстремумы холода формируются при одновременном вторжении холодных антициклонов на юг Западной Сибири по двум осям: скандинавской и таймырской.

Весной в тылу «ныряющих» циклонов происходят затoki арктического воздуха, что вызывает так называемые возвраты холодов на юге Западной Сибири (до -20°C в апреле и до -10°C в мае). Осенью, обычно в октябре–ноябре причиной ранней зимы может явиться экстремальное развитие блокирующего процесса над Уралом и усиление циркуляции восточного типа; примером может служить октябрь 1976 г. [27]. В теплый период года с процессами *E* связаны заморозки в воздухе и на поверхности почвы. Арктический воздух в тыловых антициклонах при движении к югу трансформируется в континентальный и прогревается, вызывая засухи и суховеи.

Активизация циклонической деятельности в Сибири («ныряющие» циклоны) в случае процессов *E* сопровождается обширной зоной избытка осадков. При этом вероятность положительной аномалии осадков в большинстве районов Западной Сибири достигает 60–90%. Основная масса осадков в холодный период выпадает на фронтальных разделах циклонов арктического фронта. В весенне-летнее время в осадкообразовании усиливается роль циклонов полярного фронта, а также местных циклонов, образующихся над центральными районами Западной Сибири. Летом на юге данной территории часто располагается зона пониженного атмосферного давления с размытым барическим «рельефом». Слабо выраженные вторичные фронты и линии неустойчивости в таких системах способствуют упорядочению конвективных токов и выпадению ливневых осадков.

С макропроцессами формы циркуляции *E* связаны и некоторые опасные атмосферные явления. В случае «ныряния» циклонов с северо-запада область высокого давления над Казахстаном и предгорьями Алтая обуславливает значительные барические градиенты на юго-востоке Западной Сибири. Обычно перед теплыми фронтами таких циклонов образуется широкая зона снегопадов и метелей, которые наблюдаются и в самом теплом секторе. «Ныряющие» циклоны местами дают до 50 % всех метелей. При северо-западных процессах штормовые

ветры отмечаются чаще в зоне теплых фронтов, чем при прохождении холодных.

С процессами зимнего антициклогенеза в условиях сильного выхолаживания воздуха (до -35°C и ниже) связано возникновение радиационных «морозных» туманов, которые порой длятся несколько суток (зимы 1968/69 и 2009/10 гг.). Такие зимние туманы на юго-востоке Западной Сибири возникают уже при относительной влажности 70–80%.

Циклоническая деятельность типа *E* в летнее время нередко приобретает форму стационарной термобарической депрессии. В таких депрессиях неблагоприятные и опасные конвективные явления (грозы, шквалы, град, сильные ливни) могут с небольшими перерывами длиться в течение 5–7 суток.

Для описания циркуляции атмосферы над территорией Западной Сибири по данным за 1976–2004 гг. предложена следующая классификация циклонов и антициклонов [33]:

I. Циклоны, смещающиеся из центральных районов европейской части России к Среднесибирскому плоскогорью.

II. Западные циклоны, образующиеся на волне полярного фронта в районе Среднего Поволжья (Урала) и Зауралья. В зоне фронтальных разделов, расположенных в барической ложбине в широтном или юго-западном направлении, почти всегда образуются волны.

III. Юго-западные циклоны, обычно стремительно продвигающиеся из районов Каспийского и Аральского морей на северо-восток. С выходом этих циклонов связаны резкие изменения погоды, а термобарическое поле характеризуется меридиональностью потоков.

IV. Северные циклоны, смещающиеся из полярных районов Западной Сибири к югу или с запада на восток вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Характерно быстрое смещение фронтов с некоторым их замедлением в восточных районах Сибири.

V. Южные циклоны, образующиеся в южных районах Средней Азии: от оз. Балхаш до междуречья Амударьи и Сырдарьи и предгорий Памиро-Алая. Характерно их быстрое перемещение в северо-восточном направлении.

VI. Местные циклоны, зарождающиеся в районе междуречья Оби и Иртыша или на юге Западной Сибири.

VII. Северные циклоны, смещающиеся из районов Кольского полуострова, с севера европейской территории России и Северного Урала в направлении среднего течения Иртыша.

VIII. Сибирский антициклон с центром над Тувой, Алтаем или Монголией, гребень которого распространяется с юго-востока на северо-запад.

IX. Антициклоны, формирующиеся над Арктикой (Северная Земля, Новосибирские острова) и перемещающиеся на юг или юго-запад (ультраполярные вторжения).

X. Антициклоны (или блокирующий гребень) с центром над Уралом перемещаются с северо-запада на юго-восток.

XI. Антициклоны, выходящие с европейской территории России на районы Западной Сибири с запада на восток.

XII. Антициклоны, образующиеся в районе Черного и Каспийского морей и перемещающиеся с юго-запада на северо-восток.

Без особого труда можно прийти к выводу, что типы I, II и XI относятся к макропроцессам формы *W*, типы III, V и XII – к форме *C*, а типы IV, VI–X – к форме *E*.

В табл. 5 представлены статистические характеристики количества циклонов и антициклонов разных типов за указанный выше период, погодичные данные помещены в Прил. 1 и 2. Общее число циклонов, определявших погоду над Западной Сибирью в этот период, в 1,4 раза превышало число наблюдавшихся антициклонов. В исследованиях за более ранние годы [31] коэффициент превышения составлял 1,6–1,8. Среднее квадратическое отклонение числа циклонов в 1,8 раза превышает сигму числа антициклонов.

Наибольших высот в своем развитии достигают циклоны типов II и VII зимой, самыми низкими во все сезоны являются местные циклоны (тип VI). По количеству циклонов в Западной Сибири исследуемый период делится на три временных отрезка: 1976–1980 гг. ($N_{\text{ср}} = 145$), 1981–1990 гг. ($N_{\text{ср}} = 52$) и 1991–2004 гг. ($N_{\text{ср}} = 90$).

Т а б л и ц а 5

Статистические характеристики числа (N) циклонов и антициклонов

Тип циклона	N ср	σ	Тип антициклона	N ср	σ
I	8	8,0	VIII	15	9,4
II	11	7,4	IX	10	6,0
III	9	7,0	X	6	3,6
IV	16	8,8	XI	17	5,4
V	9	4,6	XII	13	9,4
VI	15	13,1	–	–	–
VII	19	5,9	–	–	–
Всего	87	35,8	Всего	61	20,1

Причем увеличение (уменьшение) общего числа циклонов и антициклонов всех типов происходит в одни и те же годы, так как процессы цикло- и антициклогенеза связаны между собой. В годы, когда число циклонов, проходящих через территорию Западной Сибири, увеличивается, они становятся и более глубокими [33].

В целом, число циклонов и антициклонов разных типов над территорией Западной Сибири по годам изменяется в широких пределах: от 41 до 157 – для циклонов и от 29 до 99 – для антициклонов. В отдельные периоды число барических образований в 2–3 раза превышает их число в годы с минимальной повторяемостью. К ним относятся 1952–1961, 1963–1967, 1976–1980, 1991–2000 гг.

Глубина циклонов при достижении ими юго-восточных районов Западной Сибири не превышает 1000 гПа, в 49 % случаев составляет от 1001 до 1015 гПа и в 28 % случаев – более 1015 гПа. Причем доля последних (слабо развитых) циклонов заметно возрастает от начала к концу зимы. Исключительно редко наблюдаются глубокие циклоны (с давлением в центре 965 гПа и менее). Средний диаметр циклонов может составлять от 500 до 1500 км, преобладают циклоны диаметром 750–1250 км.

Непосредственное действие циклона на юго-восточные районы Западной Сибири чаще всего (80%) не превышает одних суток. При этом юго-западные циклоны чаще проходят быстрее (в течение 12 ч), чем северо-западные и западные. При благоприятных условиях может осуществиться выход в районы Сибири целой серии южных циклонов, вследствие чего действие предшествующего циклона перекрывается влиянием следующего за ним циклона. Действие северо-западных циклонов может быть более продолжительным – до двух суток (70%) вследствие влияния гор Алтая, которые замедляют движение циклонов этого типа, изменяя направление их движения на восточное и северо-восточное.

Глава 6

СОЛНЕЧНОЕ СИЯНИЕ

Жизнь на Земле неразрывно связана с Солнцем – источником света и тепла. Солнечная радиация является одним из главных климатообразующих факторов; в особенности важны ее характеристики, определяющие приход тепла на земную поверхность.

Солнечное сияние – это освещенность земной поверхности лучами Солнца. Его продолжительность в значительной степени зависит от географической широты места, наличия плотной завесы облаков, тумана, закрытости горизонта, степени прозрачности атмосферы.

Долгота светлого времени суток на широте г. Новосибирска (56° северной широты) изменяется от 7 часов 09 мин в период зимнего солнцестояния (около 21 декабря) до 17 час 23 мин в период летнего солнцестояния (около 21 июня). «Белых» ночей в Новосибирске не бывает, поскольку гражданские сумерки, длящиеся от захода до восхода Солнца, наблюдаются на широтах севернее 59° .

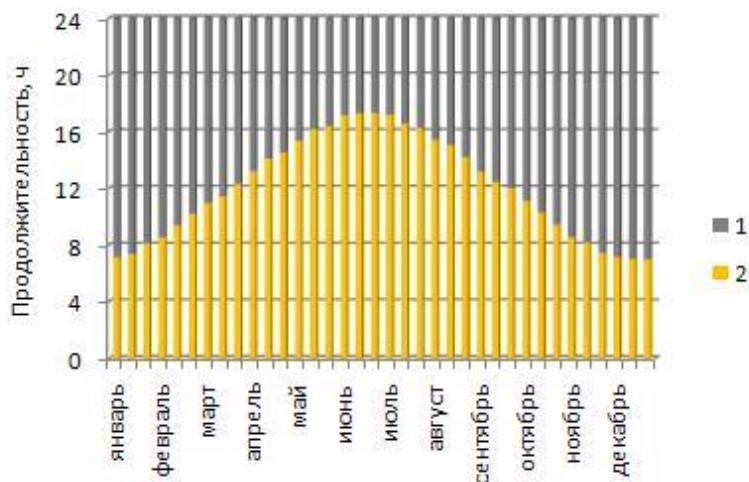


Рис. 3. Продолжительность темной (1) и светлой (2) частей суток

Т а б л и ц а 6

Продолжительность τ солнечного сияния за 1966–2013 гг., ч

Месяц	$\tau_{\text{расч}}$	$\tau_{\text{набл}}$					$\frac{\tau_{\text{набл}}}{\tau_{\text{расч}}} \%$	σ
		$\tau_{\text{ср}}$	$\tau_{\text{макс}}$	Год	$\tau_{\text{мин}}$	Год		
I	241	72	150	2011	24	1971	30	21,0
II	267 (278)	113	176	2012	54	1972	42	26,4
III	364	172	260	1996	110	1973	47	33,9
IV	420	215	306	1990	114	1985	51	39,5
V	497	269	355	1999	183	1975	54	40,0
VI	515	301	408	1981	211	2009	58	36,5
VII	516	304	379	1974	226	2010	59	37,7
VIII	462	250	332	2003	172	1969	54	38,2
IX	381	172	250	1997	74	1992	45	38,5
X	324	103	173	1997	36	1970	32	32,5
XI	252	62	91	1981	19	1982	25	15,3
XII	223	51	91	2005	21	2006	23	15,8
Год	4462 (4473)	2088	2308	2011	1691	1972	47	120,9

П р и м е ч а н и е. В скобках приведены данные високосного года. σ – среднее квадратическое отклонение.

В Новосибирске средняя продолжительность солнечного сияния за год составляет 2088 ч. В Казани, расположенной на 2500 км западнее, эта величина равна 1916, в Москве – всего 1568 ч [15, 17]. Однако за рассматриваемый период наблюдались определенные отклонения от средней величины, иногда значительные (табл. 6).

Аномально «солнечным» оказался 2011 год, число часов солнечного сияния увеличилось до 2308, а 1972 год характеризуется как наиболее пасмурный с минимальным числом часов до 1691. «Год на год не приходится» – эта истина справедлива и для продолжительности солнечного сияния.

В годовом ходе продолжительности солнечного сияния минимальные значения наблюдаются с ноября по январь и составляют в среднем 50–70 ч, что, несомненно, обусловлено наименьшей продолжительностью светлого времени суток вкупе с наибольшим числом пасмурных дней. Весной в связи с увеличением продолжительности дня и уменьшением количества облачности число часов солнечного сияния возрастает в среднем до 170 в марте, 215–270 в апреле и мае и, наконец, достигает максимальных значений в июне–июле – чуть более 300 ч.

Среднее квадратическое отклонение (σ) месячной и годовой продолжительности солнечного сияния характеризует изменчивость солнечного сияния от года к году, т.е. рассеяние ежегодных данных относительно среднего многолетнего значения. Отклонения от средней месячной продолжительности в сторону увеличения или уменьшения могут достигать 15–26 ч в холодный период года и около 40 ч – в теплый.

Максимальная расчетная продолжительность при условии ясного неба характерна для летних месяцев и составляет в среднем 450–516 часов, постепенно сокращаясь до 223 часов в декабре.

Многолетняя динамика продолжительности солнечного сияния в Новосибирске представлена на рис. 4. Положительное значение коэффициента при первом члене уравнения указывает на увеличение продолжительности солнечного сияния (16 ч за 10 лет), однако доля дисперсии, объясняемая трендом, составляет всего около 3% ($R^2 = 2,6\%$) от полной дисперсии климатической переменной, что свидетельствует об отсутствии линейной составляющей тренда ($t = 1,33$).

Дополнением к характеристике продолжительности солнечного сияния является её величина в ясный день (табл. 7) и средняя месячная продолжительность солнечного сияния по часам суток (см. Прил. 3).

Средняя продолжительность солнечного сияния в безоблачный день составляет около 3–5 ч в октябре–феврале, к лету постепенно возрастая до 8–10 ч. Максимальная продолжительность около 14 ч наблюдалась в июне 1981 г., минимальная – в декабре 1999 г. и составила всего 2 ч.

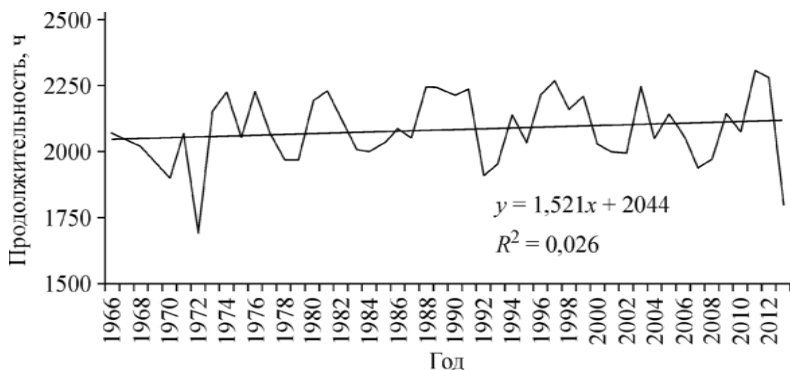


Рис. 4. Многолетний ход и линейный тренд продолжительности солнечного сияния за период 1966–2013 гг.

**Продолжительность (τ) солнечного сияния в день с солнцем,
1966–2007 гг., ч**

Месяц	$\tau_{\text{ср}}$	σ	$\tau_{\text{макс}}$	Год	$\tau_{\text{мин}}$	Год
I	3,5	0,7	4,9	2004	2,4	1971
II	5,1	0,8	6,9	1985	3,4	1979
III	6,6	0,8	9,0	1996	5,0	1973
IV	7,9	1,2	10,6	1990	5,2	1985
V	9,0	1,3	11,8	1999	6,1	1975
VI	10,3	1,2	13,6	1981	8,1	2002
VII	10,1	1,2	12,2	1974	7,6	1970
VIII	8,4	1,2	10,7	2003	5,8	1978
IX	6,2	1,2	8,3	1997	3,7	1992
X	4,5	1,1	7,2	1997	2,5	2006
XI	3,7	0,6	5,1	1981	2,3	1982
XII	3,1	0,4	4,3	2003	2,1	1999
Год	6,5	0,3	7,0	2003	5,6	1972

П р и м е ч а н и е. Здесь и далее в таблицах, если экстремальное значение отмечалось в нескольких годах, – указывается только последний из них.

Суточный ход продолжительности солнечного сияния представлен средней продолжительностью за каждый часовой интервал (Прил. 3). В летние месяцы продолжительность солнечного сияния начинает регистрироваться в 3–4 ч утром и заканчивается в 20–21 ч местного времени; зимой запись солнечного сияния начинается значительно позднее (8–9 ч) и кончается намного раньше (17–18 ч). В часовых промежутках, близких к восходу или заходу солнца, средние месячные значения составляют сотые доли часа. В этих случаях, аналогично [34], при значении средней месячной продолжительности 0,05 ч и более она округлена до 0,1 и при значении 0,04 и менее – до 0,0. В летние месяцы средняя продолжительность изменяется от 0,1 ч в ранние утренние часы до 0,7 ч в интервале суток 7–17 ч. Максимальная продолжительность достигает 0,8 ч и наблюдается в июле с 10 до 11 ч. В зимний период продолжительность солнечного сияния колеблется в пределах от 0,1 часа в утренние часы до 0,6 для часовых периодов, близких к полудню.

Представление о сравнительной ясности неба дает отношение наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния к возможной (или расчетной), т.е. теоретически вычисленной для данного пункта при условии безоблачного неба от восхода до захода солнца с учетом открытости горизонта (табл. 8).

Таблица 8

Отношение (Q) наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния к потенциально возможной величине за период 1966–2007 гг., %

Месяц	$Q_{\text{ср}}$	σ	$Q_{\text{макс}}$	Год	$Q_{\text{мин}}$	Год
I	30	8,7	62	1998	11	2002
II	42	9,5	66	1985	19	1972
III	48	9,4	71	1996	30	1973
IV	51	9,4	73	1990	27	1985
V	54	8,0	71	1999	37	1975
VI	58	7,0	79	1981	41	2002
VII	59	7,4	73	1974	44	1970
VIII	54	8,3	72	2003	37	1969
IX	45	10,1	66	1997	19	1992
X	32	10,0	53	1997	11	1970
XI	25	6,1	36	1997	7	1982
XII	23	7,2	40	2005	9	2006
Год	47	35,8	52	1988	37,9	1972

Циркуляция атмосферы, обуславливающая смену воздушных масс, а вместе с ней облачности и степени прозрачности атмосферы, то приближает реально наблюдающуюся продолжительность солнечного сияния к возможной при идеальных условиях величине, то удаляет от нее. Средняя фактическая продолжительность солнечного сияния летом составляет 55–59 %, постепенно уменьшаясь до 20–40 % зимой. Это уменьшение, несомненно, связано с самой короткой продолжительностью дневного времени и наибольшим числом дней без солнца. В отдельные годы отношение наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния может испытывать колебания от среднего в сторону увеличения или уменьшения до 10–20, реже 30 %.

День без солнца – это когда солнечные лучи в течение всего дня не достигают поверхности земли из-за наличия облачности или тумана, т.е. прожоги на ленте гелиографа полностью отсутствуют. Число дней без солнца дает, во-первых, представление об условиях освещенности и, во-вторых, напрямую характеризует продолжительность солнечного сияния. В Новосибирске за год в среднем наблюдается 67 дней без солнца (примерно 2,5 месяца). Чаще всего такими днями «славятся» ноябрь, декабрь, январь; солнечные лучи в это время года не достигают поверхности земли примерно каждый второй день (табл. 9).

В конце зимы (февраль) число «бессолнечных» дней заметно уменьшается, достигая минимума в летние месяцы (не более 1 дня),

Число дней без солнца за период 1966–2013 гг., n

Месяц	$n_{\text{ср}}$	σ	$n_{\text{макс}}$	Год	$n_{\text{мин}}$	Год
I	11	3,8	21	2002	2	2011
II	6	3,0	16	1972	2	2012
III	5	2,7	11	1992	0	1988
IV	3	1,8	8	1985	0	2009
V	1	1,2	5	1986	0	2012
VI	1	0,8	3	1999	0	2013
VII	1	0,8	3	1993	0	2012
VIII	1	1,1	3	2006	0	2013
IX	3	2,0	10	1992	0	2009
X	9	3,7	18	1970	3	2003
XI	13	3,5	22	1982	7	1998
XII	15	4,4	23	2006	4	1974
Год	67	10,3	90	1992	39	2011

затем снова возрастает до 3–9 в сентябре–октябре. В отдельные годы зимой число дней без солнца варьирует от 2–4 до 16–23 дней.

С марта по сентябрь в течение месяца все дни могут быть солнечными (1988, 2009, 2012, 2013 гг.).

Представляет интерес сравнить характеристики солнечного сияния, помещенные в Справочниках по климату, за разные периоды лет: 1930–1963 гг. [34], 1957–1980 гг. [35], в книге «Климат Новосибирска» [1] и в настоящей работе.

Сравнивая периоды, за которые были сделаны расчеты, можно отметить только два из них, не пересекающихся друг с другом: 1930–1963 и 1966–2013 гг. (табл. 10).

Таблица 10

Характеристики солнечного сияния, рассчитанные за разные периоды лет

Период наблюдений, годы	Средняя годовая продолжительность солнечного сияния, ч	Отношение наблюдаемой продолжительности к расчетной, %	Число дней без солнца
1930–1963	2041	46	67
1957–1980	2083	47	66
1930–1975	2077	47	67
1966–2013	2088	47	67

Как следует из приведенных данных, средняя продолжительность солнечного сияния на протяжении 80 лет характеризовалась в отдельные периоды колебаниями, достигающими порядка 40–47 ч. В среднем за 48 лет (вторая половина прошлого века и первое десятилетие XXI) средняя продолжительность возросла на 47 ч, т.е. около одного часа в год. Однако, как указывает оценка линейного тренда, направленного увеличения продолжительности солнечного сияния не отмечается. Практически неизменным осталось также отношение наблюдаемой продолжительности солнечного сияния к расчетной и число дней без солнца.

Глава 7

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Температура воздуха – одна из важнейших характеристик погоды и климата, оказывающая прямое воздействие на человека, растения, работу механизмов и сооружений. Температура воздуха создает либо комфортное состояние, либо неблагоприятно влияет на процессы жизнедеятельности. Оценке специализированных характеристик температуры в задачах градостроительного проектирования теплозащиты зданий придается первостепенное значение [36].

Глобальное потепление и региональные особенности изменения термического режима определяют необходимость дифференцированного анализа и описания температурных условий различных территорий, в том числе крупных городов. С одной стороны, накопленный материал метеорологических наблюдений позволяет восстановить достоверную историческую картину климата, с другой стороны, вследствие его колебаний и изменений для практических целей важно ориентироваться на данные, которые дают обновленное представление о ресурсах климата территории. Исходя из этого режим температуры воздуха в Новосибирске рассмотрен за несколько периодов: 1900–2013 гг. – от начала наблюдений; 1976–2013 гг. – интервал, включающий «период глобального потепления» и последние новые тенденции его замедления; 1966–2013 гг. – период 8-срочных наблюдений, в пределах которого рассчитаны климатические характеристики в данной работе.

Период 1900–2013 гг. По данным за 114 лет средняя годовая температура воздуха в Новосибирске составляет $0,7^{\circ}\text{C}$, а за период, ограниченный 1975 годом, она была близка к нулю ($0,2^{\circ}\text{C}$) [1]. Самый холодный месяц – январь (средняя месячная температура $-18,3^{\circ}\text{C}$), наиболее теплый месяц – июль ($19,2^{\circ}\text{C}$) (табл. 11, рис. 5). В отдельные годы более холодными могут быть февраль и декабрь, летом более теплым – июнь.

Абсолютный минимум температуры воздуха ($-51,1^{\circ}\text{C}$) наблюдался 9 января 1915 г. и до сих пор является историческим рекордом, абсолютный максимум зафиксирован 22 июля 1953 г. ($37,2^{\circ}\text{C}$).

Т а б л и ц а 11

Климатические характеристики температуры воздуха. Период 1900–2013 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя месячная												
–18,3	–16,5	–9,5	1,2	10,7	16,9	19,2	16,2	10,2	2,2	–8,3	–15,7	0,7
Средняя минимальная												
–22,7	–21,4	–14,9	–3,4	4,6	10,8	13,5	11,0	5,3	–1,4	–12,0	–20,3	–3,0
Абсолютный минимум												
–51,1	–47,6	–40,0	–31,2	–10,4	–2,2	1,5	–1,5	–6,9	–26,4	–45,7	–48,2	–51,1
1915	1957	1912	1927	1901	1938	1970	1941	1992	1976	1952	1938	1915
Средняя максимальная												
–13,3	–11,1	–3,6	7,3	17,5	23,3	25,2	22,2	16,2	7,0	–4,3	–11,3	–6,2
Абсолютный максимум												
4,1	5,3	14,4	30,7	36,1	36,6	37,2	35,7	33,2	24,7	11,5	6,6	37,2
2007	1940	2009	1972	2004	1967	1953	1998	2010	1928	2006	1948	1953

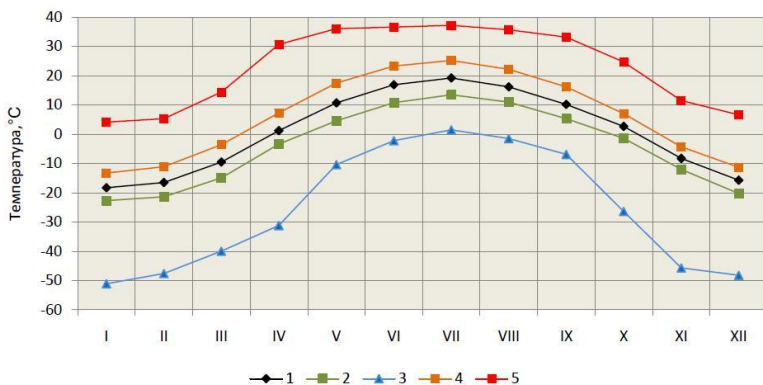


Рис 5. Внутригодовой ход характеристик температуры воздуха.

1 – средняя месячная; 2 – средняя минимальная; 3 – абсолютный минимум;
4 – средняя максимальная; 5 – абсолютный максимум

Таким образом, диапазон изменения температуры составил $88,3^{\circ}\text{C}$. В Санкт-Петербурге, климат которого носит черты как морского, так и континентального, амплитуда составляет $72,7^{\circ}\text{C}$, при этом сибирский абсолютный минимум ниже на $15,5^{\circ}\text{C}$, а абсолютные максимумы сравнялись по величине благодаря чрезвычайно жаркому лету 2010 г. в европейской части России [21]. Экстремумы низких температур в холодный сезон относятся к первой половине прошлого столетия и подтверждают репутацию прежних зим в Западной Сибири как особенно суровых. Экстремально низкая температура отмечена 2 июля 1970 г. ($1,5^{\circ}\text{C}$) – в разгар лета можно было наблюдать падение редких снежинок. В конце октября 1976 г. имела место по-настоящему зимняя температура ($-26,4^{\circ}\text{C}$). Несколько температурных рекордов и крупных аномалий пришлось на нынешнее столетие. Новые рекорды абсолютного максимума температуры зафиксированы в январе 2007, марте 2009, мае 2004, в сентябре 2010 и ноябре 2006 гг. Необычайно жаркая погода установилась, например, в мае 2004 г., когда максимальная температура в пределах $30\text{--}37^{\circ}\text{C}$ охватила практически всю территорию Новосибирской области. В городе жара удерживалась в течение 6 дней подряд, причем абсолютный максимум данного месяца ($36,1^{\circ}\text{C}$) повторился в двух днях этого периода.

Изменения и колебания температуры воздуха. В проблеме изменения климата под влиянием внешних воздействий и факторов внутренней динамики климатической системы важная роль отведена исследованиям изменения температуры воздуха и последствий

и последствий глобального потепления на природные, хозяйственные системы и здоровье человека [37, 38]. К настоящему времени достигнуты значительные успехи в понимании физических основ климатических изменений, численном моделировании климатической системы и ее составляющих – атмосферы, океана, деятельного слоя суши, криосферы, а также в решении актуального вопроса современной климатологии, каковы причины глобального потепления, и как процессы изменения климата будут развиваться в ближайшем будущем. [37, 39]. Опубликованные в 2014 году «Пятый доклад МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата)» и «Второй Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» подтверждают вывод предшествующих документов [23] о преобладании антропогенного влияния в наблюдаемых изменениях климата вследствие увеличения концентраций атмосферных парниковых газов от хозяйственной деятельности человека. Эта позиция базируется на более полных и продолжительных данных мониторинга с использованием нового поколения климатических моделей. Вместе с тем, достаточно убедительными представляются результаты исследования изменения, колебаний и изменчивости климата на планете [40,41], позволяющие заключить, что заметную роль в формировании и изменении как глобального, так и региональных климатов могут играть воздействия естественного характера, в том числе космические факторы.

На рис. 6 представлен временной ход среднегодовой температуры воздуха в Новосибирске.

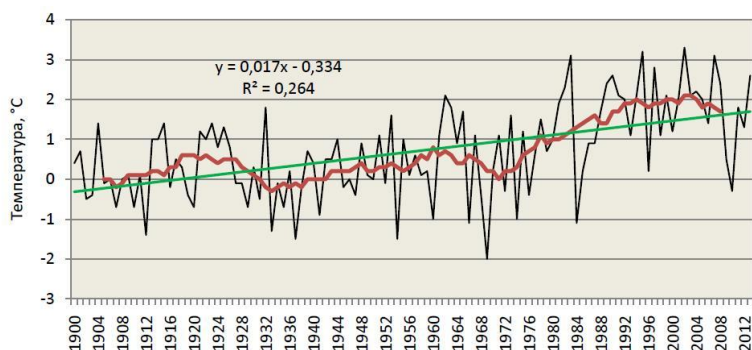


Рис. 6. Многолетние изменения средней годовой температуры воздуха за период 1900–2013 гг.

Зеленая линия – линейный тренд, красная линия – 11-летняя скользящая средняя

Т а б л и ц а 12

**Коэффициент линейного тренда температуры воздуха (a),
параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)**

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , °C/ 10 лет	0,19	0,16	0,39	0,34	0,16	0,08	0,05	0,01	0,01	0,18	0,26	0,25	0,17
R^2 , %	2,0	2,0	15,0	16,0	7,0	3,0	1,0	0	0,1	8,0	5,0	4,0	26,0
t	1,50	1,50	4,48	4,60	2,87	1,84	1,07	0	0,32	3,09	2,40	2,16	6,27

Т а б л и ц а 13

**Коэффициент линейного тренда температуры воздуха (a),
параметр R^2 , критерий Стьюдента (t) для сезонов года**

Параметр	Зима (XI–III)	Весна (IV–V)	Лето (VI–VIII)	Осень (IX–X)
a , °C/10 лет	0,23	0,25	0,05	0,10
R^2 , %	11,0	18,0	3,0	7,0
t	3,70	4,63	1,84	2,87

Статистические оценки интенсивности и значимости линейного тренда средней месячной, годовой температуры воздуха и по сезонам приведены в табл. 12 и 13.

Временной ход среднегодовой температуры воздуха в Новосибирске за 114 лет инструментальных наблюдений свидетельствует о потеплении климата. Средняя годовая температура воздуха согласно линейному тренду повышалась на 0,17 °C за 10 лет, и, следовательно, с 1900 по 2013 г. суммарный рост составил 2 °C. Вклад тренда в дисперсию ряда порядка 26 % обеспечивает достоверность тенденции на уровне значимости ($p = 0,1$ %).

В течение года наибольший вклад в положительную тенденцию средней годовой температуры воздуха вносят месяцы переходных сезонов, за исключением сентября; летом средний температурный фон остается практически постоянным (см. табл. 13). Интересно, что март, относящийся в Западной Сибири к зиме, по тенденциям повышения температуры тяготеет к весеннему сезону. Кстати, при исследовании климатических условий на территории Ямало-Ненецкого округа также обращено особое внимание на интенсивное потепление в марте, скорость повышения температуры составляет 1,1 °C за 10 лет [42].

Новый оттенок приобретают оценки хода температуры в январе и феврале, если учесть, что по данным исследований потепление во многих регионах, в том числе в Сибири, проявляется зимой [23, 37]. По нашим обновленным данным, в Новосибирске процесс роста температуры в эти месяцы выражен слабо (см. табл. 12). Полагаем, что повышенная изменчивость термического режима в последние несколько лет, в частности экстремально холодные январь (2010 и 2006 гг.), занимающие соответственно 4-е и 5-е места в ранжированном ряду, и шестой по рангу холодный февраль 2010 г. несколько нивелировали положительную тенденцию тренда. Рассматривая сезонные показатели тренда, отметим, что для зимы (ноябрь–март), по-видимому, за счет вклада ноября, декабря и особенно марта, тренд потепления все-таки прослеживается. Это касается и остальных сезонов, кроме лета. В целом тенденция имеет довольно высокую степень достоверности (см. табл. 13), а ввиду заметных различий интенсивности вековых изменений температуры от месяца к месяцу следует признать более информативными оценки трендов по отдельным месяцам, нежели обобщения по сезонам.

Сглаживание хода среднегодовой температуры воздуха по скользящему 11-летнему осреднению позволяет выявить периоды колебаний температуры (см. рис. 6). Волна потепления температуры имела место в первой четверти прошлого века, затем наступило понижение температуры.

Затем вплоть до начала 60-х годов последовала вторая волна повышения температуры, которая сменилась похолоданием с ярким минимумом, обусловленным самой суровой на территории Сибири зимой 1968/69 г.

И, наконец, наиболее интенсивное и длительное потепление с максимумом в период 1977–2007 гг. ($2,1^{\circ}\text{C}$), стабилизировалось на уровне примерно $2,0^{\circ}\text{C}$ 11-летних средних значений температуры и имеет тенденцию к уменьшению. Эта региональная особенность согласуется с новыми данными о замедлении глобального потепления [41].

В связи с переходом к норме климатических характеристик за тридцатилетие (1971–2000 гг.), рекомендованной Всемирной метеорологической организацией (ВМО), представляет интерес рассмотреть аномалии среднегодовой температуры воздуха в Новосибирске (в отклонениях от средней температуры за данное 30-летие, равной $1,3^{\circ}\text{C}$), (рис. 7).

Примерно в 75% лет средняя годовая температура характеризуется отрицательной аномалией, а преобладающая часть положительных отклонений приходится на интервал с середины

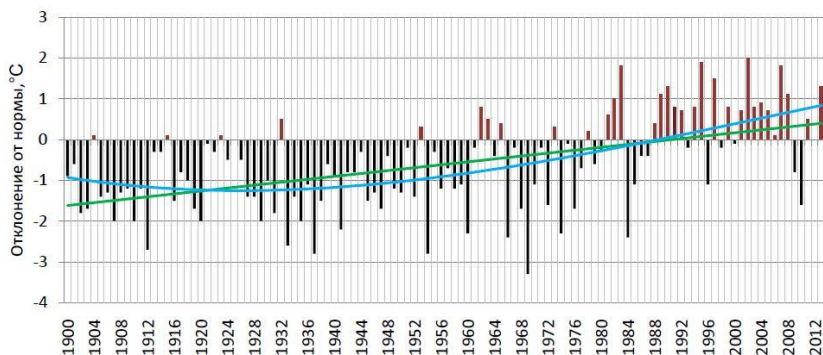


Рис. 7. Изменение среднегодовой температуры воздуха в отклонениях от нормы (1971–2000 гг.) за период 1900–2013 гг.

Зеленая линия – линейный тренд, голубая – кубический тренд

70-х годов прошлого столетия до 2008 г., что соответствует периоду интенсивного глобального потепления [21, 23, 37].

Период 1976–2013 гг. Средняя годовая температура воздуха за этот период составляет $1,6^{\circ}\text{C}$. Превышение на $0,9^{\circ}\text{C}$ среднегодовой температуры за период 1900–2013 гг. отражает достаточно существенное потепление.

Рассматривая более детально изменения температуры в интервале 1976–2013 гг. на основе количественных показателей линейного тренда, следует отметить следующие особенности (табл. 14). Скорость потепления по среднегодовой температуре составляет $0,27^{\circ}\text{C}/10$ лет, что заметно выше интенсивности за весь период наблюдений. Однако линейный тренд как годовой температуры воздуха, так и практически температуры воздуха по всем месяцам, потерял статус значимого.

Т а б л и ц а 14

Коэффициент линейного тренда температуры воздуха (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t), 1976–2013 гг.

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$a, ^{\circ}\text{C}/10$ лет	–0,8	0,17	0,89	0,75	0,52	–0,0	0,3	0,33	0,9	0,66	0,79	–0,3	0,27
$R^2, \%$	3,4	0,0	9,8	10,0	8,0	0,00	0,0	9,0	1,0	15,0	5,4	1,0	8,0
t	0,79	0,0	1,95	1,97	1,73	0,0	0,00	1,85	1,59	2,48	1,41	0,59	1,74

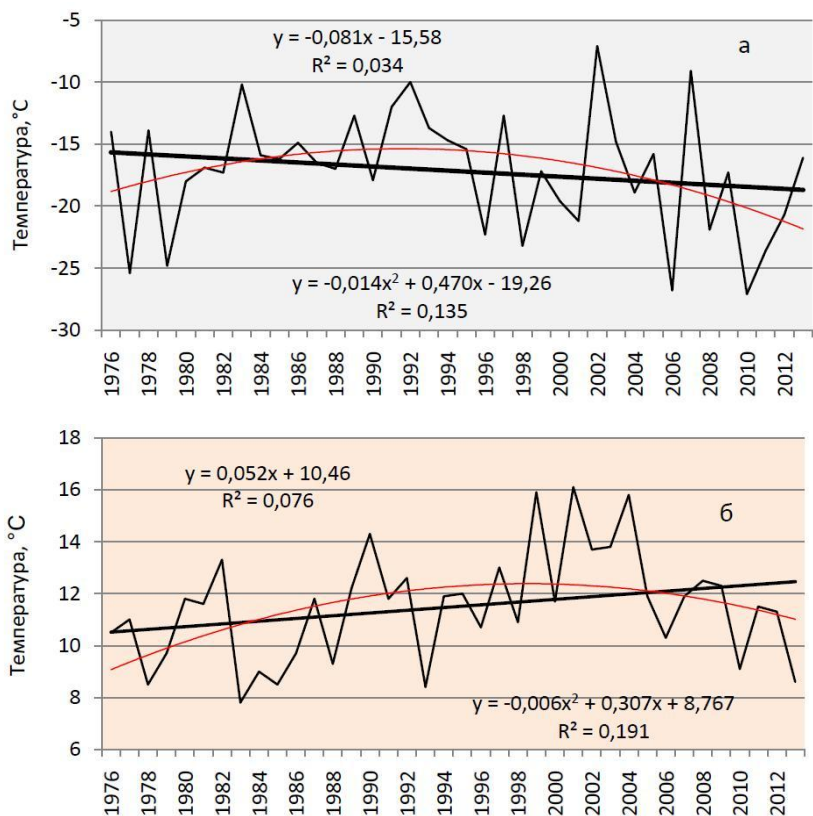


Рис. 8. Временной ход средней месячной температуры воздуха, линейный (прямая черная линия) и квадратичный (красная линия) тренды.

Период 1976–2013 гг.

a – январь; *б* – май

Зимой потепление было заметным лишь до конца прошлого столетия, затем последовало снижение температуры, обусловленное чередой холодных месяцев. Многолетний ход более точно описывается квадратичным трендом на 5 %-м уровне значимости (рис. 8, а). В последние годы холодней становится май (рис. 8, б).

Изменение температуры воздуха соответствует новым тенденциям замедления темпов потепления. В целом, для подтверждения устойчивости отмеченных процессов необходим дальнейший региональный климатологический мониторинг.

Процессы потепления охватили значительные территории, что наглядно видно из анализа многолетнего хода температуры по данным ряда метеорологических станций Западной Сибири (рис. 9). Вместе с тем можно заметить региональные особенности хода

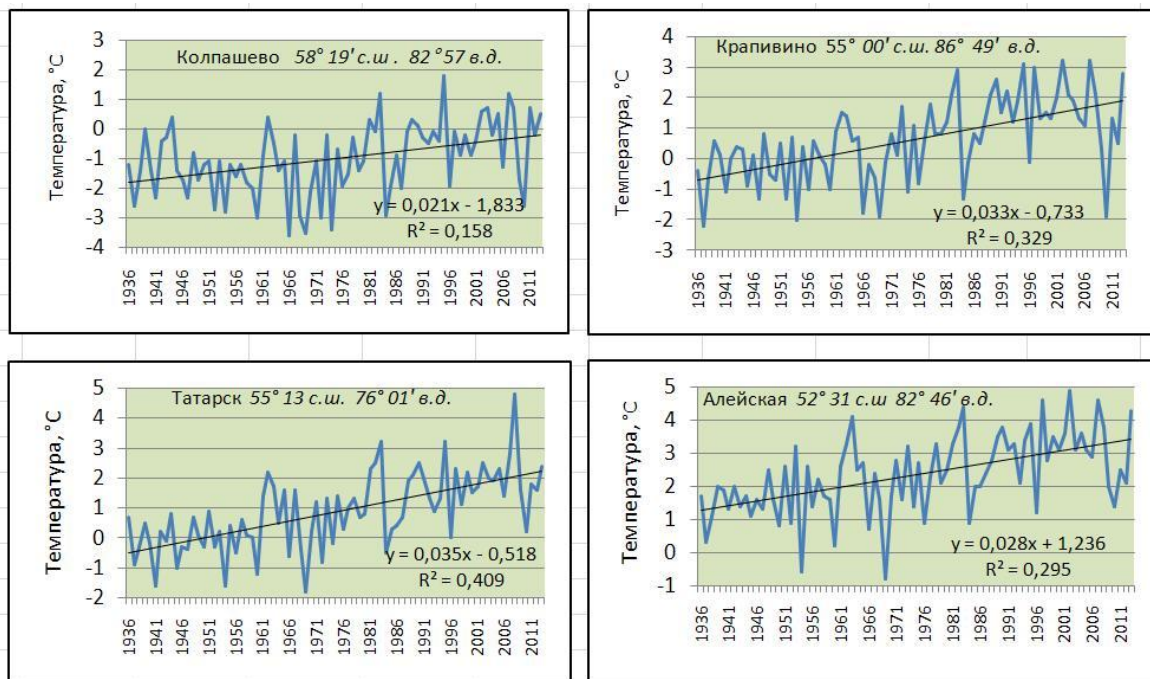


Рис. 9. Изменение средней годовой температуры воздуха на территории юго-востока Западной Сибири за период 1936-2013 гг.

температуры воздуха в различных природных зонах. В лесной зоне скорость нарастания потепления несколько замедлена (Колпашево, $0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет), поскольку волна похолодания в середине исследуемого периода отличалась более длительным временным масштабом.

В лесостепной и степной зонах (Крапивино, Татарск, Алейская) темпы потепления заметно выше ($0,3\text{--}0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет).

Период 1966–2013 гг. В пределах этого периода рассматривается многолетний режим всех метеорологических характеристик, используемых в данной работе, что позволяет комплексно оценить климат города Новосибирска за 48-летний период. По данным за указанный интервал лет средняя годовая температура воздуха составляет $1,3^{\circ}\text{C}$ (табл. 15, рис. 10). По отношению к периоду 1900–1975 гг. [1] она повысилась на $1,1^{\circ}\text{C}$ и относительно ряда за 1900–2013 гг. – на $0,6^{\circ}\text{C}$. Средняя месячная температура воздуха января равна – $17,7^{\circ}\text{C}$, средняя июльская температура – $19,3^{\circ}\text{C}$. Средние значения максимальной и минимальной температуры соответственно выше и ниже средней месячной температуры на $4\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Самая низкая температура воздуха за 1966–2013 гг. отмечалась в центральных месяцах аномально холодной зимы 1968/69 г., а минимум пришелся на февраль ($-46,3^{\circ}\text{C}$) и пока далек от абсолютного экстремума в январе 1915 г. ($-51,1^{\circ}\text{C}$). Наиболее холодной оставалась также весна этого года: в апреле наблюдались дни с морозами 30 градусов, а в мае температура опускалась до $-8,4^{\circ}\text{C}$. Следует отметить особенность распределения самой высокой температуры за рассматриваемый период: максимум ее отмечен в июне ($36,6^{\circ}\text{C}$), а июль ($35,0^{\circ}\text{C}$) уступает по экстремуму даже маю.

Температурный режим в системе «город – пригород». На формирование мезоклимата Новосибирска оказывали влияние (наряду с географическими факторами) антропогенные воздействия, и поэтому оно было неодинаковым на разных этапах развития города. Весной лес и более поздний сход снежного покрова в нем задерживали прогрев почвы и воздуха. Летом температура воздуха на поверхности почвы в лесу также ниже. Вырубка лесов на территории города заметно усилила степень континентальности климата и особенно отразилась на температурном режиме: быстрому прогреванию воздуха весной и летом, а осенью – к интенсивному охлаждению. Для крупных городов, расположенных в умеренной зоне, изменение температурного режима проявляется в увеличении температуры на $1\text{--}4^{\circ}\text{C}$ по сравнению с окрестностями; это превышение сохраняется до высот 100–200 м [1].

Т а б л и ц а 15

Климатические характеристики температуры воздуха, 1966–2013 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя многолетняя												
–17,7	–16,1	–8,2	2,4	11,1	17,1	19,3	16,2	10,2	2,7	–7,1	–14,8	1,3
Средняя минимальная												
–21,7	–20,6	–13,8	–2,5	5,1	11,1	13,6	10,8	5,4	–1,0	–11,0	–18,8	–3,6
Самая низкая температура												
–46,2	–46,3	–36,4	–29,1	–8,4	–2,0	1,3	–0,4	–6,9	–26,4	–39,0	–45,7	–46,3
1969	1969	1999	1969	1969	2013	2010	1975	1992	1976	1987	1968	1969
Средняя максимальная												
–12,6	–10,3	–2,8	7,9	18,2	23,5	25,5	22,4	16,2	7,0	–3,8	–10,3	6,7
Самая высокая температура												
4,1	4,5	14,4	30,7	36,1	36,6	35,0	35,7	34,1	23,8	11,5	4,8	36,6
2007	1983	2009	1972	2004	1967	1969	1998	2010	1971	2006	1975	1967

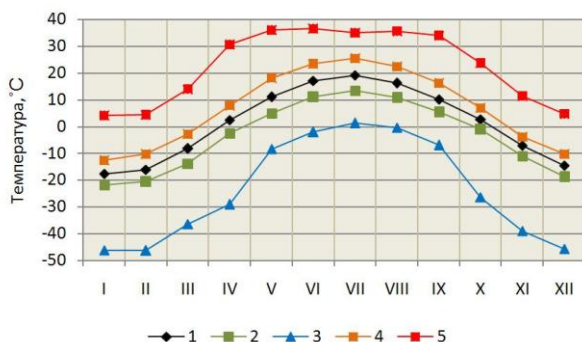


Рис. 10. Внутригодовой ход характеристик температуры воздуха.

1 – среднее значение; 2 – средний минимум; 3 – самая низкая температура;
4 – средний максимум; 5 – самая высокая температура

Среди факторов формирования мезоклимата современного Новосибирска основными являются искусственный нагрев атмосферы городскими тепловыделениями, ее загрязнение, в том числе огромным количеством городского транспорта, застройка и благоустройство территорий. Для оценки мезоклимата города использованы данные наблюдений по температуре воздуха в 2005–2009 гг. в пяти пунктах, расположенных в различных районах Новосибирска и его окрестностях (рис. 11). Зимой отчетливо проявляется формирование городского острова тепла. На левобережье в условиях городской застройки (ст. Учебная) средняя температура января на $1,5^{\circ}\text{C}$ выше по сравнению с окрестностями. В северной части города, в районе бывшего аэропорта Северный, также теплее, чем в пригороде, на 1°C . Весной городские районы прогреваются быстрее, а акватории водоемов оказывают охлаждающее влияние. Так, апрельская средняя месячная температура в городе и вблизи водохранилища разнится почти вдвое. В летнее время искусственные покрытия подстилающей поверхности в городе прогреваются сильнее, чем почва под естественным покровом. Значительному нагреву способствует и малая затрата тепла на испарение, которая в самом городе уменьшается почти на 20 % по сравнению с пригородом. Температура июля в застройке Ленинского района (ст. Учебная) выше на $0,7^{\circ}\text{C}$, чем вдали от города (ст. Огурцово). В районе аэропорта на территории, свободной от плотной застройки, летняя температура несколько ниже. Вообще значительные различия левобережной и правобережной частей города были установлены ранее по результатам проведенного цикла специальных наблюдений



Рис. 11. Средняя месячная температура воздуха в городе и пригороде за период 2005–2009 гг.

в различных частях города [1]. Левобережье более теплое, что объясняется особенностями подстилающей поверхности (левобережье – южная лесостепь, правобережье – зона сосновых боров и смешанных лесов). И, наконец, осенью самыми теплыми являются районы в зоне обогревающего влияния водоемов (Остров Дальний, Обская ГМО).

Значительны различия экстремальных температур воздуха в черте города и в пригороде. По данным Прил. 4, где представлены характеристики температуры за период 1966–2007 гг., в январе 1969 г. разница зафиксированных экстремумов Учебная–Огурцово составила 3,5 °С. В аномально жаркую погоду мая 2004 г. разность температуры в городе (ст. Учебная) и в зоне влияния Новосибирского водохранилища (станции Остров Дальний, Обская ГМО) также достигла 3–3,5 °С.

В монографии «Климат Новосибирска» [1] высказывалось предположение о возможном дальнейшем «потеплении» городского климата вследствие повышения плотности застройки, замены природных поверхностей на искусственные – асфальт, камень, а также роста энергопотребления. Действительно, за период 1966–2009 гг. максимальная разность между городом и пригородом в самый холодный день января 2006 г. составила 8,0 °С, тогда как в прежние годы не превышала 6,5 °С. Согласно архивным данным максимальная разность была зафиксирована 2 января 2006 г. в срок 03 ч: на ст. Остров Дальний температура воздуха –38,2 °С, а на ст. Учебной –30,2 °С.

О временной изменчивости температуры воздуха. Смена погоды проявляется, прежде всего, в изменении температуры воздуха под влиянием адвекции воздушных масс, поэтому в многолетнем разрезе величина и характер междусуточной изменчивости температуры отражают особенности климата данного региона.

Изменение погоды влияет на производственные процессы, а также на организм человека. Например, резкое падение температуры воздуха на 6 °С и более за 6 ч и менее при переходе от положительных значений к отрицательным, а также потепление (по аналогичным критериям) при морозах значительно осложняют работу автомобильного транспорта, вызывая гололедные явления на дорогах [43, 44]. Междусуточные перепады температуры воздуха, превышающие 8 °С, проявляются в ощущении дискомфорта или в обострении болезни человека [45].

Что касается межгодовой изменчивости температуры воздуха, то она связана с проявлением экстремальности климата, обусловленной особенностями атмосферной циркуляции. Наибольшая изменчивость температуры воздуха на территории России отмечается зимой, когда температурные контрасты между широтами, а также материками и океанами становятся особенно заметными [46]. Поэтому в районах с изменчивой погодой прогнозировать труднее, чем в местах, где она более устойчива. То же самое относится и к различным сезонам года, и в особенности к холодному полугодью. Межгодовые контрасты

термического режима создают проблемы в планировании хозяйственной деятельности и требуют определенной адаптации населения.

В качестве характеристик временной изменчивости температуры воздуха с различным временным интервалом (межгодовой, междусуточной) используются 2 параметра: среднее квадратическое отклонение (σ) как мера рассеяния значений относительно среднего, и разности значений за разные периоды.

Межгодовая изменчивость температуры воздуха. Наибольшая временная изменчивость температуры воздуха от года к году, как показывают данные табл. 16, наблюдается в месяцы зимнего сезона, среднее квадратическое отклонение колеблется в пределах 3,8–5,1⁰С; в марте – почти на градус меньше.

В период с мая по октябрь значение стандартного отклонения не превышает 2,2⁰С, минимум отмечается в августе ($\sigma = 1,3$ –1,4⁰С). Сигма средней годовой температуры воздуха находится в пределах 1,2–1,3⁰С.

Различия межгодовой изменчивости в условиях городской застройки (ст. Учебная) и в удалении от города (ст. Огурцово) более существенны в зимние месяцы – уменьшению величины стандартного отклонения (σ) способствует влияние городского острова тепла.

Оценка многолетней динамики межгодовой изменчивости температуры в Новосибирске выполнена за три 30-летия: 1921– 1950, 1951–1980, 1981–2010 гг. (рис. 12).

Как показывают оценки изменения временной изменчивости температуры по станциям Северного полушария, по всем месяцам усиление изменчивости происходит на ограниченных территориях и в разные месяцы холодного и теплого периодов – соответственно с ноября по февраль и в июне [40]. Сверяя полученные нами данные локального характера для Новосибирска с оценками по крупным территориям и регионам, можно заключить, что тенденции изменчивости в ряде случаев совпадают.

Т а б л и ц а 16

Среднее квадратическое отклонение (σ) среднемесячной и годовой температуры воздуха

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Огурцово	5,1	4,2	3,3	2,4	2,2	1,8	1,5	1,3	1,4	1,9	3,8	4,4	1,3
Учебная	4,8	4,0	3,0	2,5	2,2	2,0	1,6	1,4	1,6	1,9	3,7	4,2	1,2
Обская ГМО	4,7	3,9	3,2	2,2	2,1	1,9	1,4	1,3	1,5	1,8	3,7	4,1	1,2

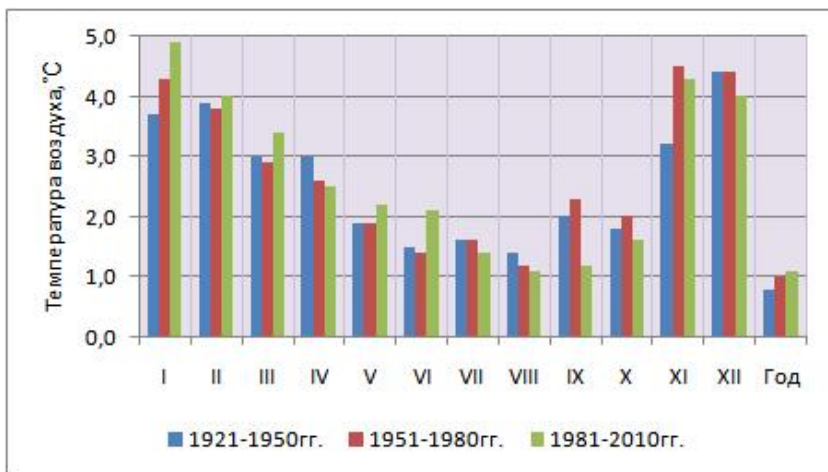


Рис. 12. Среднее квадратическое отклонение температуры воздуха за разные 30-летние периоды

Так, в последнее 30-летие (1981–2010 гг.) изменчивость заметно усилилась по сравнению с предыдущим периодом также в январе ($\Delta\sigma = 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) и июне ($\Delta\sigma = 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Подтверждением роста изменчивости в январе является чередование в первом 10-летии нового века экстремально теплых и холодных месяцев. Января 2007 и 2002 гг. занимают два первых места в ранжированном ряду теплых центральных месяцев зимы, а январь 2010 и 2006 гг. – стоят на 4-м и 5-м местах в ряду холодных. За указанный выше отрезок времени июнь в 2012, 2011, 2006, 2003 гг. входит в шестерку самых теплых месяцев летнего сезона, при этом жаркий июнь 2012 г. стал абсолютным рекордом за весь период метеорологических наблюдений: средняя месячная температура составила $21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, положительная аномалия – $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. За предыдущее 30-летие 1951–1980 гг. вклад в величину σ рекордно холодного 1969 г. и аномально теплого 1964 г. января был не столь значительным. Особенностью региона расположения Новосибирска является усиление изменчивости температуры в последнее 30-летие в марте и мае, в остальные месяцы она уменьшается по сравнению с предшествующей эпохой.

Амплитуда годового хода температуры воздуха. Характеристика представляет собой разность наибольшего и наименьшего значений средней месячной температуры воздуха в конкретный год и отражает степень континентальности климата. Средняя многолетняя амплитуда температуры воздуха за период 1900–2010 гг. составляет в Новосибирске $39,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Феномен амплитуды ($53,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) имел место в

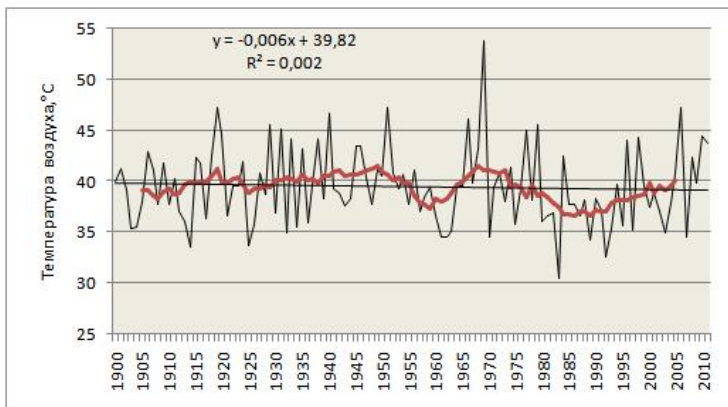


Рис. 13. Изменение амплитуды средней месячной температуры воздуха.

Жирная кривая – ход 11-летних скользящих средних, прямая линия – линейный тренд

1969 г., когда нашли свое сочетание самый холодный январь ($-30,7^{\circ}\text{C}$) и самый теплый июль с температурой $23,1^{\circ}\text{C}$ (рис. 13).

С начала прошлого столетия амплитуда температуры воздуха уменьшилась всего на 1°C , оценки линейного тренда подтверждают отсутствие его значимости. Вместе с тем во второй половине прошлого столетия годовая амплитуда испытывала заметные колебания – спад в период 1970–1990 гг. и затем небольшой подъем.

Междусуточная изменчивость температуры воздуха. В Новосибирске среднее квадратическое отклонение средней суточной температуры воздуха изменяется от $5\text{--}6^{\circ}\text{C}$ в декабре–феврале до 2°C в июле–августе; таким образом, амплитуда величины σ составляет примерно 4°C (рис. 14). Для сравнения, в Санкт-Петербурге соответствующая амплитуда равна $\approx 3^{\circ}\text{C}$, что, очевидно, обусловлено влиянием Атлантики – здесь среднесуточная температура более сглаженная [21]. В Новосибирске среднее квадратическое отклонение температуры между сутками превышает межгодовую сигму примерно на 1°C .

Особенностью внутригодового хода изменчивости температуры воздуха от суток к суткам является некоторое увеличение перепадов температуры в мае, что обусловлено циркуляционными факторами, приводящими, с одной стороны, к возвратам холодов, а с другой – к установлению нередко жаркой погоды. В меньшей степени майский пик изменчивости проявляется вблизи водных объектов (ст. Обская ГМО). Заметно, что в черте города (ст. Учебная) зимой температура меняется

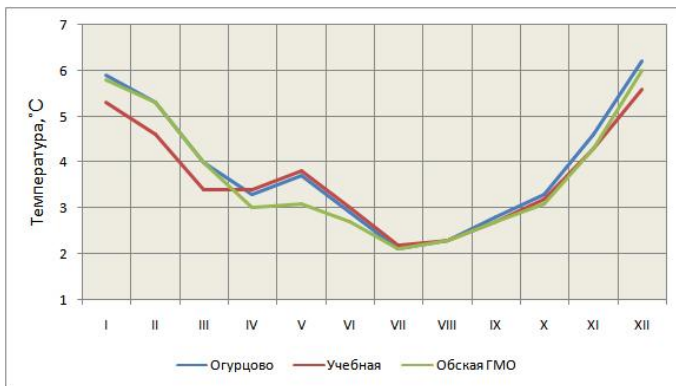


Рис. 14. Среднее квадратическое отклонение среднесуточной температуры воздуха

от суток к суткам слабее по сравнению с окрестностями, так как изменчивость в сторону понижения температуры в условиях городской застройки несколько ослабляется благодаря наличию острова тепла.

Средняя многолетняя междусуточная изменчивость температуры воздуха в показателях разности средних суточных значений двух соседних суток представлена в табл. 17 и на рис. 15. Естественно, имеются общие черты с временным ходом среднеквадратичного отклонения. Зимой отмечаются наибольшие разности температуры в смежные сутки – от 4,1 до 4,7 °С, причем декабрь отличается самым изменчивым режимом погоды. Наименьшие отклонения температуры свойственны теплым месяцам года, включая сентябрь (1,6–2,2 °С),

Т а б л и ц а 17

**Междусуточная изменчивость температуры воздуха,
1936–2010 гг., °С**

Месяц											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя многолетняя											
4,4	4,1	3,2	2,4	2,9	2,2	1,6	1,7	2,1	2,5	3,7	4,7
Наибольшая в сторону повышения											
19,4	20,8	16,1	12,6	11,3	10,5	7,7	9,2	10,3	12,4	19,5	30,7
1948	1960	2004	1992	1957	1963	1945	1951	1968	1966	1944	1968
Наибольшая в сторону понижения											
-19,6	-21,9	-15,3	-18,4	-15,1	-11,8	-8,5	-9,0	-14,2	-13,0	-22,7	-22,5
1976	1951	1995	1963	1974	1987	2003	1987	1968	1945	1951	1959

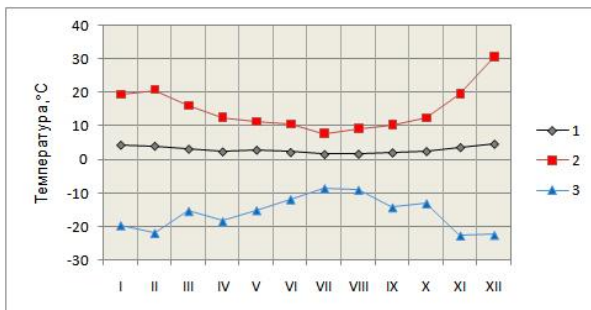


Рис. 15. Межсуточная изменчивость температуры воздуха.
 1 — средняя; 2 — наибольшая в сторону повышения; 3 — наибольшая в сторону понижения

но исключение составляет май, известный своими возвратами холодов.

Крайние значения суточных перепадов температуры воздуха (обоих знаков) превосходят среднюю величину, в основном, в 4–6 раз. Экстремальный скачок температуры в сторону повышения зафиксирован с 1 на 2 декабря 1968 г. и составил 30,7 °C — среднесуточная температура воздуха повысилась с –41,3 до –10,6 °C. Самое резкое похолодание имело место в ноябре 1951 г., перепад среднесуточной температуры составил 22,7 °C. Рекорды суточных изменений в нынешнем столетии отмечены только в двух месяцах — в марте 2004 г. в сторону повышения и в июле 2003 г. — в сторону понижения.

Более полно структура межсуточной изменчивости температуры представлена в виде повторяемости отклонений температуры воздуха (по градациям) от суток к суткам во всем диапазоне изменения (см. Прил. 5). В пределах минимальной изменчивости (от –2 до 2 °C) находится 50–70 % случаев в теплый период, лишь май выделяется своей неустойчивостью, и повторяемость малых отклонений снижается до 40 %. Июль и август отличаются самым стабильным режимом — изменчивость ограничивается пределами 6–8 °C. Январь по параметрам изменчивости, не превышающей 16–18 °C, «спокойнее» декабря, экстремумы которого выходят за границы 20 °C.

В табл. 18 приведены значения числа дней с перепадами температуры 8 °C и выше, характеризующие неблагоприятные условия погоды в лечебно-профилактической практике.

Межсуточная изменчивость температуры более 8 °C обоих знаков наблюдается в общей сложности 2–3 недели в году. Наименьшая изменчивость среднесуточной температуры воздуха отмечается в черте

Т а б л и ц а 18

**Число дней с междусуточной изменчивостью температуры
воздуха $\geq 8^{\circ}\text{C}$**

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ст. Огурцово												
2,9	2,1	0,8	0,6	0,9	0,4	–	0,1	0,4	0,6	2,1	2,9	13,8
2,4	1,6	0,9	0,4	0,4	0,1	–	–	0,1	0,2	0,9	2,5	9,5
ст. Учебная												
2,4	1,4	0,5	0,7	0,8	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4	2,0	2,8	12,0
1,8	0,8	0,4	0,3	0,5	0,1	–	–	0,1	0,1	0,8	1,8	6,7
ст. Обская ГМО												
2,7	2,4	1,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,4	0,4	2,0	3,1	13,3
2,2	1,6	0,9	0,3	–	–	–	–	0,1	0,1	0,9	2,5	8,6

П р и м е ч а н и е. Первая строка – в сторону понижения; вторая строка – в сторону повышения.

города Новосибирска, и влияние водоема также ее несколько умеряет. Перепады в сторону понижения происходят примерно на 20–30 % чаще, нежели в сторону повышения.

Внутрисуточные перепады температуры. Резкое изменение температуры воздуха за короткий промежуток времени отличается особой агрессивностью для жизнедеятельности городского хозяйства и в наибольшей степени может отразиться на самочувствии человека. Изменение температуры воздуха в течение суток в основном определяется двумя факторами: ходом радиационного баланса за сутки и сменой воздушных масс при прохождении атмосферных фронтов, которые могут происходить в любое время суток, нарушая периодичность суточного хода температуры.

По данным 8-срочных наблюдений за температурой интервал для оценки внутрисуточной изменчивости составляет 3 ч. Рассматривались также значительные перепады температуры воздуха ≥ 6 , ≥ 8 и $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (табл. 19). За случай перепада температуры, как положительного, так и отрицательного, принималось ее изменение между смежными сроками на величину, равную и выше заданных пределов. При этом подсчитывались случаи перепадов без учета того, отмечались они в пределах одних суток или в разные дни. Перепады температуры 6°C и более отмечаются редко в зимний период (ноябрь–февраль), в среднем

Т а б л и ц а 19

Среднее число перепадов температуры воздуха от срока к сроку (интервал 3 ч), равных и ниже заданных пределов; наибольший перепад температуры ($^{\circ}\text{C}$) в сторону повышения ($T_{\text{пов}}$) и в сторону понижения ($T_{\text{пон}}$)

Месяц	Перепад температуры, $^{\circ}\text{C}$			$T_{\text{пов}}$	День, год	$T_{\text{пон}}$	День, год
	≥ 6	≥ 8	≥ 10				
I	6	1	0,3	11,5	19. 1976	16,0	01. 1966
II	8	3	1	15,0	25. 1974	12,1	21.1986
III	14	5	1	15,4	21.1975	13,7	22.1999
IV	10	2	1	13,5	30. 1982	16,7	28.1972
V	17	5	2	14,3	14. 1974	12,8	27.1989
VI	11	2	0,1	10,6	07.1967	11,5	30.2006
VII	11	2	0,1	10,5	27. 1997	10,9	14.1973
VIII	16	4	1	12,1	27. 1975	10,8	09.1997
IX	15	4	0,2	11,7	26.1966	11,3	10.2006
X	5	1	0,2	12,7	06.1989	12,2	11.1971
XI	3	1	0,1	13,0	19.1968	12,0	04.1994
XII	3	1	0,3	15,8	26.1996	13,1	05.1972
Год	119	31	7	15,8	26.12.1996	16,7	28.04.1972

может наблюдаться от 3 до 8 случаев. К лету внутрисуточная изменчивость увеличивается также за счет суточного хода температуры, число резких изменений возрастает до 10–17 случаев. Отмечается несколько периодов повышенной внутрисуточной изменчивости – март, май, август и сентябрь. Число перепадов в течение суток 8°C и выше сокращается до 1–5 случаев в месяц, а выше 10°C в основном отмечаются не ежегодно – один раз в 5–10 лет. Абсолютная величина перепада обоих знаков колеблется в пределах 10–16 $^{\circ}\text{C}$.

Внутрисуточная изменчивость температуры воздуха в режиме значительных перепадов сильно различается в зависимости от местных физико-географических условий, особенно в летний период (рис. 16). Вблизи водоема (станции Обская ГМО и Остров Дальний) перепады температуры в 3–4 раза регистрируются реже, чем на станциях, удаленных от них, при этом майский пик резкой смены погоды в пределах суток присутствует повсеместно.

Прикладные характеристики температуры воздуха. Изменение климата проявляется не только в повышении среднего уровня

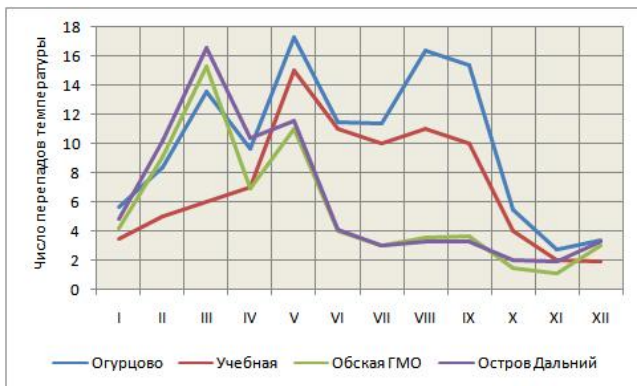


Рис. 16. Число перепадов температуры воздуха $\geq 6^{\circ}\text{C}$ от срока к сроку наблюдений (дискретность 3 ч)

температуры воздуха, но и в виде варьирований смещения дат устойчивого перехода через определенные значения температуры (0 , 5 , 8 , 10°C и др.), отражающие изменение продолжительности теплого, вегетационного и отопительного периодов. Например, в теплую половину года с переходом температуры воздуха через 0°C связаны заморозки, создающие серьезную опасность для сельскохозяйственных культур. Большой вред приносят оттепели, наблюдающиеся в холодный период года на фоне установившихся отрицательных температур. Оттепели снижают прочность строительных сооружений, ухудшают условия работы транспорта, пагубно влияют на перезимовку растений [47, 48].

Даты перехода температуры воздуха через определенные пределы. За дату устойчивого перехода температуры воздуха через определенные пределы принимался первый день с температурой выше (ниже) заданного значения, если сумма положительных (отрицательных) отклонений температуры воздуха превышает сумму отрицательных (положительных) отклонений среднесуточной температуры воздуха через данный уровень. Дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C осенью происходит в конце октября (28.X), а крайние даты (ранняя и поздняя) отклоняются от средней даты на 23–25 дней (табл. 20).

Весной положительная среднесуточная температура воздуха устанавливается в среднем в первой декаде апреля (08.IV), самая ранняя дата зафиксирована 24 марта 1989 г., а самая поздняя – ровно на месяц позже – 24 апреля 1969 г.

Переход температуры через -5°C в сторону понижения, знаменующий начало зимы, отмечается в среднем 12 ноября, но в 1976 г. зима пришла в Новосибирск почти на месяц раньше – 18 октября.

Т а б л и ц а 20

Даты наступления средней суточной температуры воздуха выше и ниже определенных пределов за период 1966–2010 гг.

Пределы температуры, °С	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя
Выше –5	23.III	27.II 1990	13.IV 1979
Ниже –5	12.XI	18.X 1976	04.XII 1988
Выше 0	08.IV	24.III 1989	24.IV 1969
Ниже 0	28.X	04.X 1970	21.XI 2001
Выше 5	24.IV	06.IV 1995	16.V 1969
Ниже 5	08.X	18.IX 1969	28.X 2005
Выше 10	12.V	20.IV 1967	04.VI 1984
Ниже 10	18.IX	26.VIII 1996	08.X 1991
Выше 15	01.VI	06.V 2001	26.VI 1995
Ниже 15	26.VIII	06.VIII 1970	18.IX 1973

Что касается изменения многолетнего режима периодов с различными термическими условиями, то, к примеру, новые даты перехода через 0 °С в сторону повышения сдвинулись на более ранние, а в сторону понижения – на более поздние сроки, в сравнении с приведенными в [1]. Сдвиг дат составляет 7–10 дней и свидетельствует о потеплении переходных сезонов года. Даты перехода через более высокие пределы (10, 15 °С) в основном не претерпели изменений.

Средняя продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше нуля градусов составляет 202 дня, т.е. плюсовая температура держится примерно 7 месяцев в году, но самый короткий и длинный периоды отличаются от средней соответственно на 20 и 40 дней. Период с температурой выше 5 °С равен в среднем 165 дням, а в самом холодном 1969 г. он составил 125 дней и стал также абсолютным рекордом (табл. 21).

Т а б л и ц а 21

Продолжительность периодов со средней суточной температурой воздуха ниже и выше указанных пределов

Предел температуры, °С	Продолжительность, дни				
	Средняя	Наименьшая		Наибольшая	
< –5	130	101	2001–2002 гг.	160	1987–1988 гг.
>0	202	180	2000 г.	241	2001 г.
>5	165	125	1969 г.	195	1995, 1997 гг.
>10	128	98	1983 г.	155	1991 г.
>15	86	53	1985 г.	122	2003 г.

Активные температуры (выше 10 °С), благоприятствующие вегетации растений, продолжаются 128 дней, размах между аномальными значениями периода составляет около двух месяцев. И, наконец, дни с теплой летней погодой (≥ 15 °С) длятся около трех месяцев. В 1985 г. летняя температура сохранялась всего 53 дня, а в 2003 г. – более чем на месяц дольше средней продолжительности.

Следует отметить, что наиболее коротким периодом с температурой ниже -5 °С отличилась зима 2001/2002 г., и это, вероятно, внесло свой вклад в формирование самого теплого 2002 г. за всю историю метеорологических наблюдений в Новосибирске.

Оттепели. В зимние месяцы оттепели для Новосибирска явление не частое, но вполне знакомое. Считается, что они наблюдаются только зимой при вторжениях теплых воздушных масс; превышение 0 °С температуры воздуха весной в дневные часы уже не воспринимаются как оттепель. Между тем при строгом подходе определенные сочетания длительности периодов между переходами температуры воздуха через 0 °С, обусловленные ростом амплитуды суточных изменений в конце зимы, позволяют повысить температуру до положительных значений также отнести к явлению оттепели. Имея большую повторяемость, они увеличивают уязвимость зданий, снижая их долговечность, создают неблагоприятные условия для работы транспорта.

Оценка режима оттепелей выполнена с использованием методики, предложенной К.Ш. Хайруллиным [47] и получившей дальнейшее развитие в работе М.В. Мирвис [48]. Согласно определению, оттепель означает повышение температуры воздуха до положительных значений зимой на фоне установившихся отрицательных температур или устойчиво морозного периода (УМП). За начало устойчиво морозного периода предлагается принимать день, начиная с которого суточный максимум температуры сохраняет отрицательные значения не менее 5 дней подряд. Окончанием морозного периода является дата устойчивого перехода средней суточной температуры через 0 °С в сторону повышения. Ранее использовался несколько иной подход к определению периода с отрицательными температурами, который ограничивался с обеих сторон датами устойчивого перехода максимальной температуры воздуха через ноль. Следует иметь в виду, что именно этот способ был рекомендован для расчета климатических характеристик оттепелей в 7-й части Научно-прикладного справочника по климату (специализированные характеристики для строительного проектирования, 1993) [49].

Начало устойчиво морозного периода приходится в среднем на 9 ноября, но самая ранняя дата отмечалась 15 октября 1976 г.,

Даты начала, окончания и продолжительность УМП

Дата УМП					
Начало			Окончание		
Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя
09.11	15.10.1976	21.11.2001	08.04	23.03.1989	23.04.1969
Продолжительность УМП, дни					
Средняя		Наибольшая		Наименьшая	
150		177 (1968/69 г.)		122 (2007/2008 г.)	

закономерно совпавшая с аналогичным рекордом установления снежного покрова (табл. 22). Примерно эта же дата (18.10.1976) стала также самой ранней в наступлении зимы по критерию перехода температуры через минус 5 °С (см. табл. 21). Аномально холодный октябрь 1976 г. занял второй ранг после 1912 г. и запомнился жителям города необычными для этого времени 25-градусными морозами в конце месяца. Наиболее поздняя дата устойчиво морозного периода зафиксирована 21 ноября 2001 г., и затем аномалия температурных условий выразилась в реализации самой теплой зимы 2001/2002 г. за период регулярных метеонаблюдений в Новосибирске.

Устойчивый морозный период оканчивается в конце первой декады апреля, а самая ранняя дата наступила 23 марта 1989 г. Самая поздняя дата конца устойчиво морозного периода с отрывом в месяц от средней даты зафиксирована 23 апреля 1969 г. Средняя многолетняя продолжительность устойчиво морозного периода составляет 150 дней, самым длительным устойчивым морозным периодом закономерно отличился холодный сезон 1968/69 г., а наименьшая продолжительность (зима 2007/2008 г.) оказалась короче среднего периода почти на месяц.

Оттепели в Новосибирске отмечаются с октября по апрель, и, естественно, возникают достаточно большие различия в режиме центральных зимних месяцев и сопредельных с ними месяцев весеннего сезона (табл. 23). В декабре–феврале оттепель является следствием адвекции тепла, связанной с выходом на юго-восток Западной Сибири циклонов из Средней Азии и Казахстана. Весной оттепели в значительной степени обусловлены ростом суточной амплитуды температуры – отрицательные температуры ночью за счет радиационного выхолаживания и повышение днем до положительных значений. В декабре и феврале оттепели повторяются в среднем каждые 1,5–2 года, в январе реже – раз в 3 года. Маловероятны оттепели в октябре – примерно раз в 10 лет, зато в марте и апреле для них

Климатические характеристики оттепелей (1966–2010 гг.)

Месяц, год	Число дней с оттепелью			Температура воздуха во время оттепели, °С			Вероят- ность оттепели
	Сред- нее	Наиболь- шее	Год	Сред- няя	Наиболь- шая	Год	
X	0,1	2	1996	0,8	2,8	1996	0,09
XI	3,5	17	2004	1,3	5,7	1989	0,68
XII	2,0	10	1979	1,3	4,8	1975	0,61
I	0,7	6	2002	1,2	4,1	2007	0,30
II	1,3	10	2002	1,3	4,5	1983	0,48
III	10,8	25	2002	2,4	10,5	1995	0,98
IV	5,7	21	1998	3,1	12,8	1998	0,77
За год	Всего	Наиболь- шее	Сезон	Сред- няя	Наиболь- шая	Год	Сред- няя
	24	51	2001– 2002	2,5	12,8	1998	0,56

создаются условия практически ежегодно. Среднее многолетнее число дней колеблется от 0,7–2,0 в центральные зимние месяцы до нескольких дней в остальных месяцах. Пик числа дней с оттепелями (10,8) наблюдается в «тепеющем» марте, следовательно, и в режиме оттепелей он несет в себе черты весеннего месяца. В совокупности за год насчитывается 24 дня с оттепелью. Средняя температура во время оттепели с ноября по февраль порядка 1,3 °С. Максимальная температура в центральных месяцах зимы достигает 4–5 °С, при оттепели в последующие месяцы может возрастать до 11–13 °С.

Оттепели в основном длятся 1–2 дня, более длительные периоды (пять дней подряд) отмечаются в 4–7 % случаев (табл. 24). Максимальный период с оттепелью составил в марте и апреле 22–24 дня.

Судя по распределению характеристик оттепелей, представленному в [48], г. Новосибирск, расположенный на юго-востоке Западной Сибири, занимает срединное положение между Европейской территорией, где оттепели отмечаются часто, и районами Восточной Сибири – с крайне малой вероятностью этого погодного явления. Для оценки устойчиво морозного периода использован безразмерный коэффициент K :

$$K = (УМП - N_{ср}) / УМП (\%), \quad (1)$$

где $N_{ср}$ – среднее число дней с оттепелью.

Продолжительность оттепелей

Ме- сяц	Продолжительность, дни								Макси- маль- ная	Год
	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10	11–12	13–14	≥ 15		
X	100								2	1996*
XI	58,7	30,2	6,3		3,2	1,6			11	1981
XII	82,6	13,0	4,4						5	2008*
I	84,2	15,8							4	2006*
II	80,0	13,3	6,7						6	2001
III	43,6	25,6	10,5	7,5	6,8		2,4	3,0	22	1968
IV	54,8	19,0	11,9	7,1	2,4	3,0	0,3	2,4	24	2003
За сезон										
X–IV	59,6	21,8	8,0	3,8	3,5	1,5	0,3	1,5	24	2003

* Указан последний год (такая продолжительность отмечалась и в другие годы).

В Новосибирске длительность УМП = 150 дней (см. табл. 22), число дней с оттепелью 24 (см. табл. 23), коэффициент $K = 84$ %. Совершенно очевидно, что при значении коэффициента устойчивости морозного периода 84 % на долю оттепелей приходится 16 %.

Многолетний ход числа дней с оттепелью показывает, что повторяемость явления увеличилась (рис. 17).

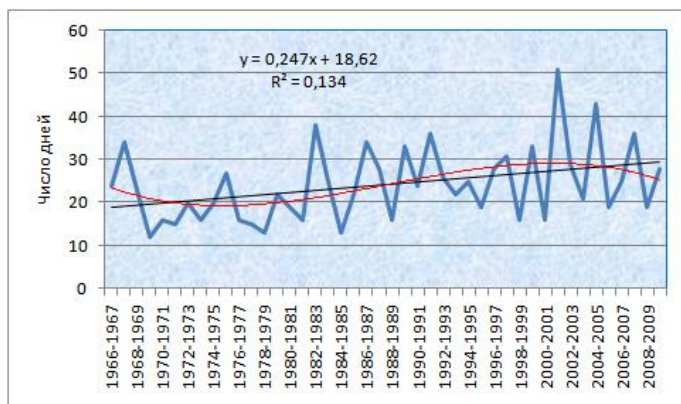


Рис. 17. Многолетний ход числа дней с оттепелью за период 1966–2010 гг. Октябрь–апрель.

Прямая линия – линейный тренд, красная линия – кубический тренд

Сказанное иллюстрируют линия тренда и параметр Стьюдента t , равный 2,6, который дает основание признать тенденцию достоверной на 1%-м уровне значимости.

Заметный рост числа дней с оттепелью совпадает с периодом потепления в последней четверти прошлого столетия. За 45-летний период среднее число дней с оттепелью возросло до 11 дней. Однако в первом десятилетии, после 2002 г., дней с оттепелью становится меньше, что отражает кубический тренд.

Оттепелные периоды. Критерии, устанавливаемые явлениям погоды, всегда в какой-то мере являются условными. Исследуя оттепели, В.М. Мирвис [48] предлагает рассматривать также оттепелные периоды с более либеральным подходом к оценке этого явления. Оттепелный период (ОП) считается неразрывным, если максимальная температура воздуха опускалась ниже 0°C не более чем на один день. При этом продолжительность оттепелного периода не ограничивается рамками устойчиво морозного периода.

В среднем за зиму отмечается восемь оттепелных периодов, т.е. втрое меньше, чем оттепелей, наибольшее их число (16 периодов) наблюдалось зимой 1978/79 г. (табл. 25). В январе и феврале оттепелные периоды отмечаются в среднем каждый второй год, в остальные месяцы такие погодные условия создаются ежегодно в среднем по одному периоду, и максимум приходится на март (3 периода). Средняя температура оттепелного периода колеблется в пределах 0,8–2,6, наибольшая из средних ($4,3^{\circ}\text{C}$) наблюдалась апреле 2002 г.

Заморозки в воздухе. Заморозком принято называть понижение температуры воздуха или почвы до 0°C и ниже при установившемся режиме положительной температуры [50, 51]. Такое понижение температуры весной, осенью и особенно летом часто является причиной гибели растений. Очень вредны отрицательные температуры весной в период вегетации растений.

Рассмотрим основные характеристики заморозков: средние и крайние даты их установления весной и осенью, длительность

Т а б л и ц а 25

Число оттепелных периодов ($N_{\text{оп}}$) и температура воздуха ($T_{\text{оп}}$)

Характеристика	Месяц							За зиму	
	X	XI	XII	I	II	III	IV	Наибольшее	Год
$N_{\text{оп}}$	0,1	1,0	1,0	0,4	0,7	3,0	1,0	16	1978/79
$T_{\text{оп}}, ^{\circ}\text{C}$	0,8	1,3	1,2	2,2	1,2	2,0	2,6	$4,3^*$	2001/2002

* Указана наибольшая из средних за оттепелный период.

безморозного периода в черте города и его ближайших окрестностей, представляющие интерес для всех заинтересованных потребителей, к числу которых относятся и горожане – любители-садоводы.

По данным агрометеорологической ст. Огурцово осенью самая ранняя дата начала заморозков в воздухе отмечалась в пределах летнего сезона – 27 августа 1975 г., самая поздняя – 9 октября 1991 г.; таким образом, разрыв в крайних датах составил 42 дня (табл. 26). В черте города (ст. Учебная) благодаря влиянию острова тепла, а также и вблизи акватории Новосибирского водохранилища (ст. Обская ГМО), где вода оказывает смягчающее воздействие при адвекции холода, обе эти даты сдвигаются на более поздние сроки – соответственно на 7–10 и 15–17 дней. В среднем заморозки наблюдаются в пределах третьей декады сентября.

Весной, наоборот, в пригороде самая ранняя дата прекращения заморозков – 2 мая, а в условиях городской застройки – наступает еще раньше (13 апреля). В среднем в городе и его ближайших окрестностях заморозки оканчиваются в середине мая, но в отдельные неблагоприятные годы могут нагрянуть даже в первой декаде июня.

Т а б л и ц а 26

**Дата первого и последнего заморозка и продолжительность
безморозного периода, 1966–2012 гг.**

Дата последнего заморозка			Дата первого заморозка			Продолжительность безморозного периода		
сред- няя	самая ранняя	самая позд- няя	сред- няя	самая ранняя	самая позд- няя	сред- няя	наимень- шая	наибольшая
ст. Огурцово								
18.V	02.V 2003	05.VI 1968	20.IX	27.VIII 1975	09.X 1991	126	96 1968	146 2003
ст. Учебная								
12.V	13.IV 2007	04.VI 1968	28.IX	06.IX 1968	24.X 2011	139	94 1968	173 2007
ст. Обская ГМО								
11.V	20.IV 2007	30.V 1983	30.IX	04.IX 1967	26.X 2011	142	113 1983	170 2008
ст. Новосибирск – Северный*								
19.V	29.IV	07.VI	20.IX	27.VIII	11.X	124	92	146

* Годы максимумов и минимумов по станции не приведены.

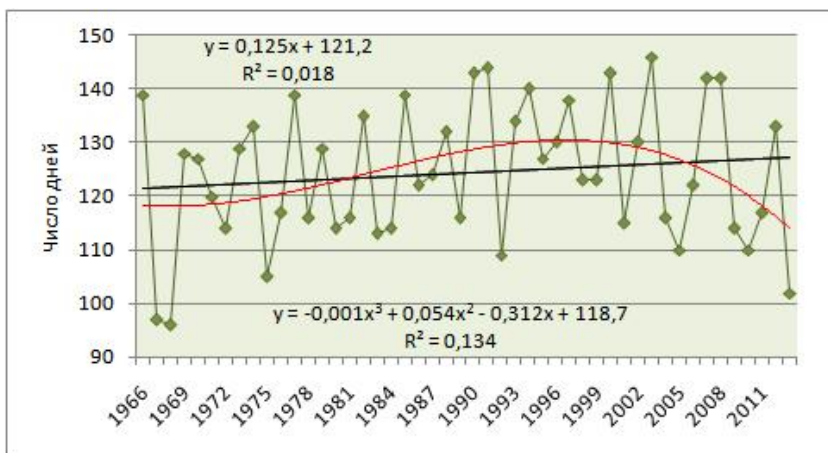


Рис. 18. Многолетний ход продолжительности безморозного периода, линейный (прямая линия) и кубический (жирная линия) тренды

Следует отметить, что территория правобережья (пос. Северный, аэропорт) является более жесткой по характеристике заморозков, нежели район левобережья (ст. Учебная). Соответственно указанным особенностям местоположения, формирующим различия температурных условий, средняя продолжительность безморозного периода колеблется в пределах 124–142 дней; для сравнения, в Казани – 153 дня [17], в Санкт-Петербурге – 160 дней [21].

Потепление климата проявилось в некотором смягчении режима заморозков. Продолжительность безморозного периода характеризуется слабым положительным трендом (рис. 18). За период с 1966 по 2013 г. безморозный период увеличился на 6 дней. Вместе с тем кубический тренд иллюстрирует признаки сокращения продолжительности безморозного периода после 2002 г.

Глава 8

ТЕМПЕРАТУРА ПОЧВЫ

Исследования долговременных изменений температуры на различных глубинах деятельного слоя почвы занимают важное место в проектах, посвященных динамике термического режима почвогрунтов, в том числе криосферы Сибирского региона в условиях меняющегося климата [23, 52, 53]. Термический режим почвы зависит от температуры воздуха, физических и механических свойств почвы, ее влажности, степени защищенности растительным и снежным покровом.

По данным за 1966–2007 гг. средняя годовая температура поверхности почвы равна 2 °С (табл. 27), это на 1 °С выше, чем по данным до 1975 г. [1]. Средняя месячная температура поверхности почвы (снега) изменяется от –8 °С в ноябре до –19 °С в январе, в теплую половину года она колеблется от 2 °С в апреле и октябре до 25 °С в июле. Наиболее низкая температура почвы (–52 °С) наблюдалась в январе 2001 г., в июне 1968 г. абсолютный минимум составил –5 °С. Летом температура поверхности почвы испытывает более значительные колебания, чем зимой. В дневное время почва сильно прогревается, вследствие чего средние максимальные значения температуры достигают 47–53 °С, достигая в отдельные жаркие дни 57–60 °С. За рассматриваемый период максимум температуры поверхности почвы был зафиксирован в июне 2000 г. и составил 61 °С. В июле 1953 г. поверхность почвы нагрелась до 64 °С [1]. Зимой абсолютный максимум может достигать 2 °С (февраль 1978 г. и декабрь 1983 г.). В годовом ходе средней месячной температуры верхних слоев почвы прослеживается периодичность с минимумом в январе и максимумом в июле.

На глубине 5 и 10 см температура почвы на 2–3 градуса ниже, чем на поверхности (за исключением сентября), наибольшие значения наблюдаются также в июле. Из сравнения табл. 15 и 27 следует, что годовой ход температуры почвы аналогичен ходу температуры воздуха, при этом годовая амплитуда температуры почвы на 7 °С больше. С глубиной амплитуда уменьшается, при этом максимум температуры

Т а б л и ц а 27

Температура (t) поверхности почвы и на глубинах, °C

Ме- сяц	Поверхность почвы					Глубина, см						
	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$T_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	$T_{\text{мин}}$	5	10	20	40	80	160	320
I	-19	-3	1	-38	-52	-	-	-6,9	-5,0	-2,5	1,1	4,6
II	-18	-2	2	-38	-49	-	-	-7,6	-6,1	-3,9	-0,2	3,7
III	-10	2	19	-31	-42	-	-	5,6	-5,0	-3,8	-0,9	3,0
IV	2	28	42	-15	-33	-	-	0,6	-0,5	-1,2	-0,5	2,5
V	14	45	57	-5	-11	11,6	10,7	9,0	6,8	3,7	1,3	2,4
VI	22	52	61	17	-5	19,3	18,5	16,0	13,8	10,4	5,9	3,2
VII	25	53	60	20	0	22,4	21,9	19,5	17,7	14,7	9,8	4,9
VIII	20	47	57	15	-1	18,7	18,6	17,3	16,5	15,0	11,5	6,4
IX	11	36	50	8	-10	11,1	11,4	11,5	11,8	12,0	10,8	7,3
X	2	21	30	-4	-25	-	-	4,4	5,5	7,1	8,4	7,3
XI	-8	4	15	-15	-40	-	-	-0,6	0,9	2,9	5,4	6,6
XII	-16	-1	2	-27	-49	-	-	-4,8	-2,7	-0,2	3,1	5,7
Год	2	24	61	-1	-52	-	-	4,4	4,5	4,5	4,6	4,8

П р и м е ч а н и е. $t_{\text{макс}}$, $t_{\text{мин}}$ – средние максимальная и минимальная температуры почвы соответственно; $T_{\text{макс}}$, $T_{\text{мин}}$ – абсолютные максимум и минимум.

на глубине около 3 м смещается на сентябрь–октябрь, минимум – на март–май.

Многолетнее изменение термического состояния поверхности почвы и на различных уровнях глубины оценивалось величиной линейного тренда среднегодовой температуры за 1966–2007 гг. в пересчете на 10 лет (°C/10 лет). Коэффициенты линейных трендов и оценки их статистической достоверности представлены в табл. 28.

Данные табл. 28 свидетельствуют о наличии, во-первых, статистически достоверных трендов изменения температуры почвы как на ее поверхности, так и на различных глубинах, и,

Т а б л и ц а 28

Коэффициент линейного тренда температуры поверхности почвы и на глубинах (a), параметр R^2 и критерий Стьюдента (t)

Параметр	Глубина, см					
	0	20	80	120	160	320
a , °C/10 лет	0,6	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6
R^2 , %	31	72	75	76	78	85
t	4,2	10,1	10,9	11,3	12,99	15,2

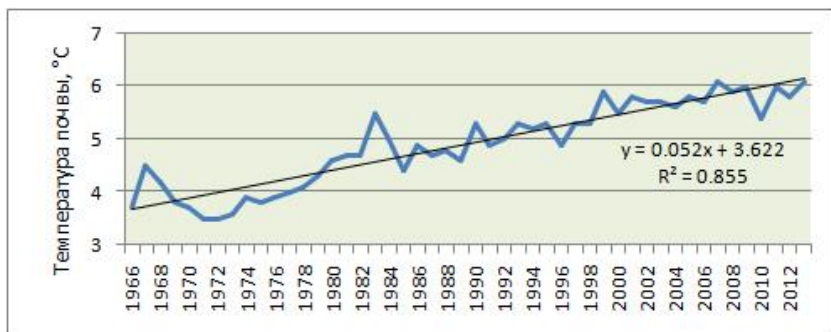


Рис. 19. Динамика изменения температуры почвы на глубине 320 см

во-вторых, все тренды положительные, т.е. температура за рассматриваемый период на всех глубинах повышается (рис. 19). С глубиной скорость повышения температуры ослабевает.

Исследуя причины роста температуры почвы на территории России, А.Б. Шерстюков [52] выявил влияние двух основных факторов: увеличение количества зимних осадков и повышение температуры воздуха. При этом в Среднем Поволжье, на Урале и в Сибири межгодовые изменения среднегодовой температуры почвы на глубине 160 см от 10 до 50 % определяются изменением высоты снежного покрова, и только до 10 % – температурой воздуха.

Устойчивое промерзание почвы происходит в последних числах октября с постепенным нарастанием глубины вплоть до апреля (табл. 29). В июне еще может сохраняться слой промерзшего грунта. Наибольшая глубина промерзания грунта достигла

Т а б л и ц а 29

Глубина промерзания почвы, см

Месяц	Средняя	Максимальная	Год	Минимальная	Год
X	6	32	1976	0	–
XI	46	98	1968	13	1982
XII	103	166	1965	37	1985
I	144	219	1966	77	2007
II	173	259	1966	95	2007
III	190	282	1966	105	1996
IV	191	286	1966	102	2001
V	149	282	1966	81	2001
VI	17	266	1972	0	–
Наибольшая	191	286	1965–1966	105	1995–1996

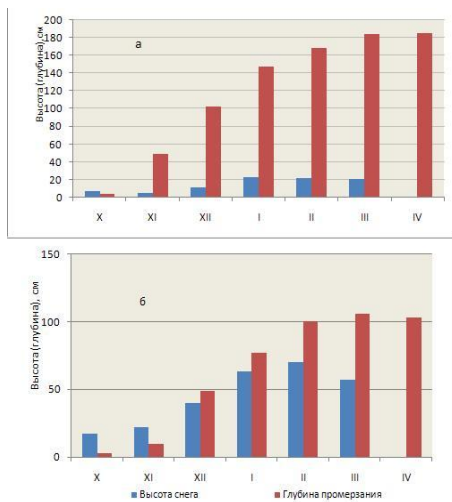


Рис. 20. Высота снежного покрова и глубина промерзания почвы в малоснежную (а) и многоснежную (б) зимы

286 см в апреле 1966 г., при этом высота снежного покрова была наименьшей, а температурой воздуха – низкой. Минимальное промерзание составляло немногим более 100 см (1996 и 2001 гг.).

Таким образом, глубина промерзания почвы зависит главным образом от высоты снежного покрова, температуры воздуха, влажности почвы и ее структуры (рис. 20).

Заморозки на почве в Новосибирске возможны все лето, за исключением июля (табл. 30). При средней дате прекращения заморозков 26 мая и первого заморозка 14 сентября самые ранние и поздние сроки могут смещаться в обе стороны в пределах 20 дней. Сравнение дат наступления и прекращения заморозков в воздухе и на почве свидетельствует о том, что на почве они прекращаются в среднем на 8 дней позже и наступают на 7 дней раньше, чем в воздухе (табл. 26 и 30).

Средняя продолжительность безморозного периода, как следствие сроков наступления и прекращения заморозков, составляет 111 дней. В отдельные годы она может уменьшаться до 88 (1989 г.) или, наоборот, возрастать до 138 дней (2004 г.).

Т а б л и ц а 30

Даты последнего и первого заморозков и продолжительность безморозного периода на поверхности почвы

Дата последнего заморозка			Дата первого заморозка			Продолжительность безморозного периода, дни		
сред- няя	самая ранняя	самая позд- няя	сред- няя	самая ранняя	самая позд- няя	сред- няя	наимень- шая	наиболь- шая
26.V	03.V 2001	15.VI 1992	14.IX	27.VIII 1975	03.X 1987	111	88 1989	138 2004

Глава 9

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Атмосферное давление создается гравитационным притяжением Земли и измеряется в гектопаскалях (гПа). Среднее атмосферное давление при температуре 0 °С на уровне моря составляет 1013 гПа. Изменение атмосферного давления определяется движением и эволюцией барических систем – циклонов и антициклонов. С этими процессами связана смена погоды во времени и в пространстве [50].

Известно, что организм человека реагирует на резкие колебания атмосферного давления. Так, высокое атмосферное давление усугубляет состояние больных бронхиальной астмой, гипертонией и эндокринными заболеваниями. Напротив, резкое понижение давления опасно для больных инфарктом, атеросклерозом. У здоровых людей реакция на такие перепады не так выражена, тем не менее, в это время у человека меняются биологические показатели, нарушается работа механизмов, регулирующих функции организма [45]. В целом, человек привыкает к среднему атмосферному давлению в месте его длительного проживания. Для разработки эффективных мер по снижению неблагоприятных последствий для здоровья человека от резких смен погоды необходимо опираться на достоверную информацию о режиме атмосферного давления в данном регионе как индикатора меняющегося климата.

В Новосибирске атмосферное давление имеет хорошо выраженный годовой ход: минимум приходится на летние месяцы (июнь, июль), а максимум – на зимние (декабрь, январь). От июля к декабрю происходит плавное повышение атмосферного давления, которое сменяется затем его понижением от зимы к весне (табл. 31, рис. 21). В среднем в июле давление на уровне станции равно 992,0 гПа, в декабре и январе – 1010,6 гПа; годовая амплитуда составляет 18,6 гПа. Такой ход является типичным для континентальных районов с материковым типом климата. Для сравнения, в Казани амплитуда давления составляет 10,4 гПа [17].

Т а б л и ц а 31

Климатические характеристики атмосферного давления, гПа, 1966–2013 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее многолетнее												
1010,6	1010,2	1008,6	1003,5	998,6	994,1	992,0	994,8	1000,8	1004,5	1008,6	1010,6	1003,1
Наибольшее среднее												
1023,1	1019,7	1015,3	1010,1	1001,3	998,1	995,5	999,7	1005,7	1009,9	1019,5	1022,3	1005,5
2011	2012	1970	1991	1968	1989	1989	2003	1971	1981	1967	1966	1969
Наименьшее среднее												
1003,0	1003,1	998,7	997,1	993,9	990,0	987,5	991,6	996,0	999,3	1001,3	1004,0	1000,9
1997	2007	2002	1978	2007	2001	1994	1971	1983	1969	2010	1978	2013
Абсолютное максимальное												
1051,8	1045,6	1041,0	1037,0	1023,3	1015,0	1009,4	1014,5	1026,7	1030,9	1052,1	1044,1	1052,1
2010	1988	1989	1966	1981	1997	1997	1972	1969	1981	1987	1974	1987
Абсолютное минимальное												
965,4	967,3	969,2	965,8	970,2	970,9	967,3	972,6	968,3	967,4	970,1	971,9	965,4
1971	2004	1999	1985	1974	1984	1968	1978	1978	2002	1987	1968	1971

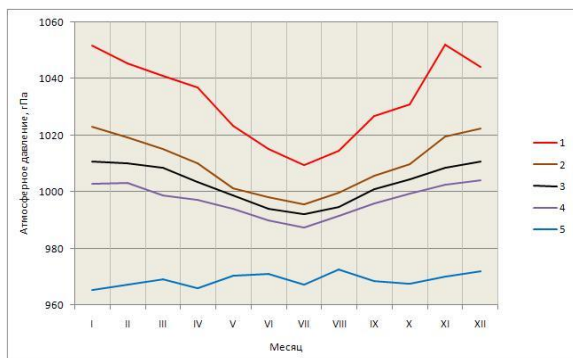


Рис. 21. Годовой ход атмосферного давления, гПа.

1 – абсолютный максимум; 2 – наибольшее среднее; 3 – среднее;
4 – наименьшее среднее; 5 – абсолютный минимум

Сопоставление с данными за период 1930–1955 гг., представленными в монографии [1], свидетельствует о стабильности среднего давления в центральный летний месяц (разница составляет 0,2 гПа), небольшом уменьшении давления в январе (на 0,7 гПа) и наиболее существенном – в декабре (на 1,8 гПа); годовая амплитуда по обновленным данным уменьшилась на 3 гПа.

Абсолютный максимум давления 1052,1 гПа наблюдался в ноябре 1987 г. и перекрыл прежний экстремум на 7,0 гПа [1]. В аномально холодном январе 2010 г. также отмечен высокий уровень атмосферного давления – 1051,8 гПа, что всего на 0,3 гПа ниже абсолютного экстремума 1987 г. Абсолютный минимум давления, зафиксированный в январе 1971 г., сохраняется уже более 40 лет.

Многолетние изменения давления в теплый период (июнь–август) незначительные. Абсолютные экстремумы давления в летние месяцы – максимум 1015,0 гПа (июнь) и минимум 967,3 гПа (июль) – также не перекрывались за последние четыре десятилетия. Обращает на себя внимание то, что наибольшее число экстремумов средних минимальных значений давления и рекордный 2013 г. атмосферного давления относятся к последней четверти прошлого столетия и первому десятилетию нового века, что является определенным ориентиром тенденции его уменьшения. Вместе с тем отрицательный линейный тренд годовых значений атмосферного давления нельзя признать статистически достоверным (рис. 22, табл. 32). Поведение тренда в январе и в летние месяцы отличается по знаку.

Временной ход атмосферного давления значительной степени уточняет полином третьей степени, отражающий некоторый его рост,

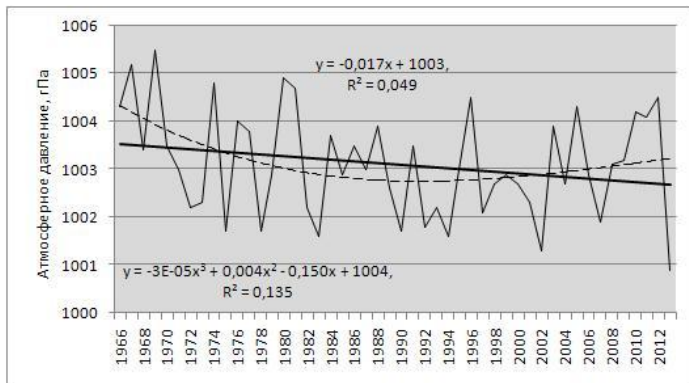


Рис. 22. Изменение среднегодового атмосферного давления за период 1966–2013 гг.

Прямая линия – линейный тренд; штриховая линия – кубический тренд

обусловив экстремальные проявления погоды в конце десятилетия (аномально холодная зима 2009/10 г. и очень жаркое лето 2012 г.). Кубический тренд среднегодового давления является существенным на 1 %-м уровне значимости (см. табл. 32).

Полученные оценки уменьшения атмосферного давления в Новосибирске на преобладающем временном отрезке исследуемого периода согласуются с результатами уже достаточно широкого круга современных исследований, согласно которым отмечается повсеместная тенденция к падению атмосферного давления и уменьшению скорости ветра практически на всей территории России со второй половины XX века. Отмеченная тенденция особенно четко прослеживается зимой и сопровождается ослаблением сибирского антициклона, а также связана с ростом повторяемости формы циркуляции W [21, 23, 54–58]. Устойчивость новых тенденций изменения атмосферного давления и вероятности некоторого похолодания на примере Новосибирска требуют дальнейшего мониторинга.

Атмосферное давление является «консервативным» элементом климата. Среднее квадратическое отклонение среднегодового атмосферного давления равно 5 гПа, что составляет тысячную долю самой величины. Зимой сигма варьирует в пределах 6,1– 6,9 гПа, в июле принимает минимальное значение ($\sigma = 2,9$ гПа).

В масштабе междусуточной изменчивости давления отмечаются значительные отклонения, связанные с прохождением атмосферных фронтов и сменой воздушных масс. В табл. 33 представлены характеристики междусуточной изменчивости в отклонениях величин между смежными сутками.

Т а б л и ц а 32

Коэффициент линейного тренда атмосферного давления (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , гПа/10 лет	0,5	-0,2	-0,6	-0,2	-0,1	-0,0	0,1	-0,2	-0,3	0,1	-0,6	-0,5	-0,2
R^2 , %	2,3	0,4	4,4	1,3	0,2	1,6	0,2	2,0	4,2	0,1	4,3	2,23	4,9
t	1,0	0,0	1,4	0,7	0,0	1,0	0,0	1,0	1,4	0,0	1,4	1,0	1,5
R^2 , %*	16	7	12	3	2	5	1	12	13	19	11	18	14
t^*	3,5	1,9	2,0	1,2	0,9	1,6	1,0	2,0	2,1	0,7	2,5	3,5	2,8

П р и м е ч а н и е: R , %* – доля дисперсии, объясненная кубическим трендом; t^* – критерий Стьюдента оценки кубического тренда.

Т а б л и ц а 33

Характеристики междусуточной изменчивости атмосферного давления, гПа

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя												
5,6	5,5	5,7	5,8	5,2	3,6	2,6	3,4	4,7	5,6	6,2	5,9	5,0
Наибольшая в сторону повышения												
31,3	24,2	27,2	27,3	25,9	17,7	15,9	17,4	21,1	24,9	28,1	23,8	31,3
1996	2004	2001	1970	1974	2007	1968	2010	1998	2002	1980	1992	1996
Наибольшая в сторону понижения												
-26,7	-25,2	-22,0	-29,4	-22,0	-17,2	-13,5	-12,3	-18,4	-21,8	-29,4	-29,7	-29,7
1996	1979	1974	1988	1995	1984	1995	2006	1972	1976	1995	2010	2010

Средняя многолетняя изменчивость составляет зимой 6 гПа, летом меньше – 3 гПа. Однако на историческом интервале 1966–2010 гг. экстремумы достигали в холодный период от 20 до 31 гПа, летом – 12–17 гПа. Январь 1996 г. отличился сразу двумя рекордными значениями атмосферного давления – как в сторону повышения (31,3 гПа), так и понижения (–26,7 гПа). Относительно средней величины междусуточной изменчивости давления возмущения в целом симметричны.

Скачки атмосферного давления за несколько часов сопряжены с резкой сменой погодных условий и риском неблагоприятных последствий. Подсчитаны случаи перепадов атмосферного давления выше некоторых пределов за 3 ч, т.е. за интервал между сроками наблюдения (табл. 34). Характер внутрисуточной изменчивости давления есть отражение особенностей сезонного хода процессов атмосферной циркуляции над Западной Сибирью. Наибольшее число перепадов давления 3 гПа и более отмечается в ноябре и декабре (21–24 случая) и обусловлено активизацией формирования западного отрога азиатского антициклона. В феврале, напротив, стационарирование этого барического образования приводит к установлению продолжительных

Т а б л и ц а 34

Среднее число перепадов атмосферного давления (гПа) от срока к сроку (интервал 3 ч), наибольший перепад в сторону повышения ($P_{\text{пов}}$) и понижения ($P_{\text{пон}}$), 1966–2010 гг.

Месяц	Перепад давления, гПа			$P_{\text{пов}}$	День, год	$P_{\text{пон}}$	День, год
	≥ 3	≥ 6	≥ 9				
I	17	2	0,2	15,4	14.1971	9,3	12.1971
II	14	1	0,1	17,1	25.1966	15,9	26.1966
III	16	1	0,04	9,8	22.1966	11,0	22.1966
IV	19	2	0,2	19,6	12.1978	10,4	22.1985
V	13	1	0,1	15,4	25.1974	7,2	21.1969
VI	4	0,1	0,02	9,0	28.1978	6,1	07.1995
VII	1	0,1	0,04	9,3	26.1972	10,0	26.1972
VIII	3	0,1	0	6,6	30.1993	6,2	29.1971
IX	8	0,4	0,1	9,3	28.1978	10,5	06.1969
X	18	1	0,1	10,8	05.1976	11,3	07.1982
XI	24	2	0,2	14,2	17.1968	10,8	22.1968
XII	21	1	0,2	12,8	06.1979	9,6	06.1972
Год	Всего			$P_{\text{макс}}$	Дата	$P_{\text{макс}}$	Дата
	158	12	1,3	19,6	12.04.1978	15,9	26.02.1966

морозных периодов, и число перепадов давления в этот месяц наименьшее за зиму (14 случаев). Увеличение изменчивости давления происходит в переходные сезоны и свидетельствует о весенне-осенней перестройке барического поля. Весной пик неустойчивости давления приходится на апрель с максимумом 19,6 гПа, причем изменения в сторону повышения преобладают, поскольку в этот период отмечается наибольшее число антициклонов. В летние месяцы междусуточные отклонения порядка 3 гПа наблюдаются редко, давление обычно укладывается в рамки среднего квадратического отклонения.

Перепады давления более 6 гПа отмечаются зимой в единичных случаях, летом их вероятность крайне мала – в июне–июле 1 раз в 5–10 лет. Изменение давления на 9 гПа и более – явление экстраординарное для летних месяцев и несколько чаще может наблюдаться зимой. В отдельных случаях экстремальные перепады в обе стороны происходят в течение одних суток (март 1966 г. и июль 1972 г.).

Глава 10

ВЕТЕР

Режим ветра относится к разряду важнейших факторов, учет которых необходим при развитии и совершенствовании градостроительных концепций. Ветровой режим существенно влияет на формирование биоклимата городских районов, площадей, улиц и даже кварталов, обуславливает особенности снеготаносимости в городе. Ослабление ветра является одной из причин возникновения инверсий. В настоящее время разработаны подходы к оценке ветрового режима для решения различных градостроительных задач, в том числе для выбора наиболее благоприятного места под застройку и экологически правильной структуры формирования городской застройки, создания наиболее оптимального микро- и биоклимата в местах отдыха горожан, а также на улицах, во дворах. Для формирования наиболее чистого воздушного бассейна очень важно учитывать при размещении промышленных и других предприятий особенности воздушных течений в пределах города.

Ветровые условия для широкого круга прикладных задач являются лимитирующими с точки зрения влияния их на объекты хозяйственной деятельности. К примеру, тип и конструкции строительных сооружений во многом определяются интенсивностью ветрового потока, т.е. скоростью ветра.

Сильные ветры относятся к числу агрессивных природных явлений, и спектр их негативного воздействия достаточно широк. Это динамические нагрузки на сооружения, осложнение работы транспортных средств, пагубное влияние на сельское хозяйство, отрицательный биоклиматический фактор. В горных районах сильные ветры обуславливают перераспределение снега, способствующее усилению лавинной опасности. Опасные ветры, объединенные в группу «ветры разрушительной силы» – сильные ветры, шквалы, ураганы, смерчи, наносят огромный материальный ущерб в отраслях экономики [59].

Как следует из табл. 35, в течение года преобладающими направлениями ветра в Новосибирске являются южное и юго- западное.

Повторяемость различных направлений ветра и штилей, %

Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	4	6	4	7	45	22	10	2	7
II	6	7	4	6	42	22	11	2	7
III	7	7	4	5	34	24	16	3	6
IV	10	9	7	5	27	18	18	6	5
V	14	8	7	6	24	15	18	8	6
VI	16	12	9	6	23	13	14	7	8
VII	18	16	11	7	18	10	13	7	11
VIII	19	11	7	6	18	13	17	9	11
IX	11	9	7	6	25	17	18	7	8
X	7	5	5	5	31	25	17	5	5
XI	5	5	4	6	35	24	18	3	4
XII	5	5	4	7	44	22	11	2	7
Год	10	8	6	6	31	19	15	5	7

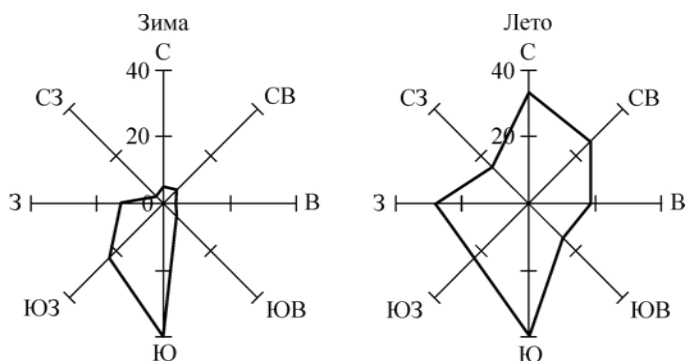


Рис. 23. Повторяемость различных направлений ветра (роза ветров)

В декабре–феврале повторяемость южных ветров составляет 42–45 %, а юго-западных – 22 % (см. табл. 35, рис. 23). Зимой повторяемость ветров других направлений небольшая (2–7 %), лишь западные ветры наблюдаются несколько чаще (до 11 %). Весной и осенью происходит перестройка барического поля. При переходе от зимы к лету увеличивается частота ветров северной четверти, хотя по-прежнему преобладающими являются южные ветры. Повторяемость штилей небольшая: 4–7 % в холодный период и 8–11 % – в теплый.

Сопоставляя режим повторяемости направлений ветра в Новосибирске с данными справочных изданий [35, 60], отметим, что положение о преобладании над Западной Сибирью юго-западного переноса в настоящее время нуждается в корректировке, поскольку по современным данным выявлено увеличение повторяемости южных ветров, превосходящее частоту юго-западных. Этот процесс, очевидно, обусловлен ростом повторяемости меридиональной группы циркуляции на территории Сибирского сектора [61].

В 70-х годах прошлого столетия на сети станций Западно-Сибирского управления Гидрометслужбы осуществлен переход наблюдений за ветром по флюгеру к регистрации характеристик ветра по анеморумбометру. Для анализа скорости ветра в Новосибирске использовались ряды наблюдений за ветром по анеморумбометру с 1981 по 2013 г., поскольку приведение к данным анеморумбометра более длинных рядов не проводилось. За предшествующий период (1936–1980 гг.) данные о режиме средних и больших скоростей ветра по флюгеру и анеморумбометру содержатся в Научно-прикладном справочнике [35].

Режим скорости ветра определяется структурой барического поля. В годовом ходе минимум скорости ветра приходится на лето, когда преобладают малоактивные процессы. В июле средняя скорость ветра составляет 2,3 м/с и в течение летнего сезона и сентября не превышает 2,7 м/с (табл. 36), зимой увеличивается до 3,4–3,8 м/с. Средняя годовая скорость ветра равна 3,1 м/с. Наибольшие и наименьшие средние месячные значения скорости ветра отклоняются от нормы на 0,5–2,2 м/с, годовая – на 0,4–0,6 м/с.

Самым маловетренным из зимних месяцев был февраль 2012 года, когда средняя скорость составила 1,2 м/с. Максимальные скорости ветра, которые фиксируются в сроки наблюдения, варьируют в пределах 10–16 м/с, абсолютные экстремумы за сутки с учетом порывов ветра могут достигать 20–25 м/с и даже 28 м/с (апрель 2011 г.).

Режим скорости ветра существенно различается в зависимости от условий местоположения, что наглядно представлено на примере средних и максимальных скоростей ветра в различных районах Новосибирска (рис. 24, 25, табл. 37).

Город оказывает на воздушный поток тормозящее воздействие вследствие возрастания шероховатости подстилающей поверхности. В застроенной части города Новосибирска – на ст. Учебная – в течение всего года средняя скорость ветра вдвое меньше, чем на ст. Огурцово, расположенной в отдалении от города.

Т а б л и ц а 36

Климатические характеристики скорости ветра за период 1981–2013 гг., ст. Огурцово, м/с

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя												
3,5	3,4	3,2	3,4	3,4	2,7	2,3	2,4	2,7	3,4	3,7	3,8	3,1
Наибольшая средняя												
5,1 1991	5,0 1998	5,2 1990	4,7 1984	4,4 1985	3,3 1987, 1988	2,7 1986, 1997	3,3 1991	3,5 1993	4,6 1993	5,2 1983	5,1 1995, 2006	3,7 1990
Наименьшая средняя												
1,9 2008, 2012	1,2 2012	2,2 2009	2,5 2007, 2010	2,6 1987	1,9 2006	1,7 2005	1,9 2003, 2013	2,0 2011	2,4 2007, 2009	2,2 1981	1,8 2005	2,7 2005, 2012
Максимальная скорость из сроков												
13 1993	14 1990	14 1990	15 1998	16 1990	12 2005	10 1982, 1986	10 1997, 2013	11 1999, 2004	12 1983, 1985	15 1999	16 1987	16 1987, 1998
Абсолютный экстремум скорости ветра за сутки												
20 2001, 2013	20 1998, 2004	24 1990	28 2011 [*]	22 1990	22 1992	21 2007	23 1995	24 1991	21 1996, 2002	25 1983	22 1995	25 1983

П р и м е ч а н и е. Максимальная скорость ветра выбрана из сроков наблюдений, абсолютный экстремум за сутки – значение скорости ветра с учетом порывов между сроками.

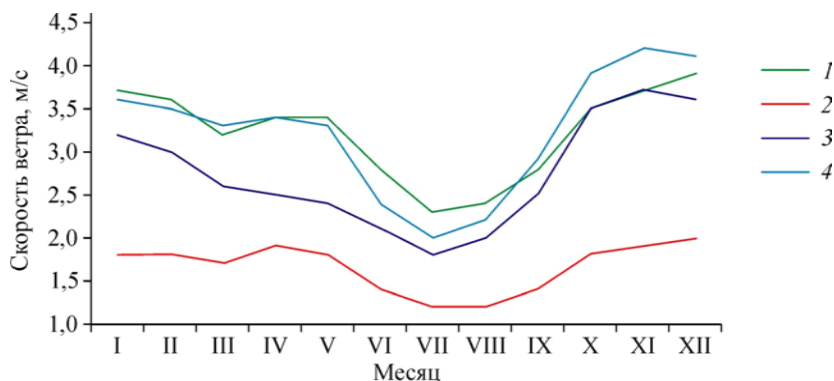


Рис. 24. Годовой ход средней скорости ветра.

1 – Огурцово; 2 – Учебная; 3 – Обская ГМО; 4 – Остров Дальний

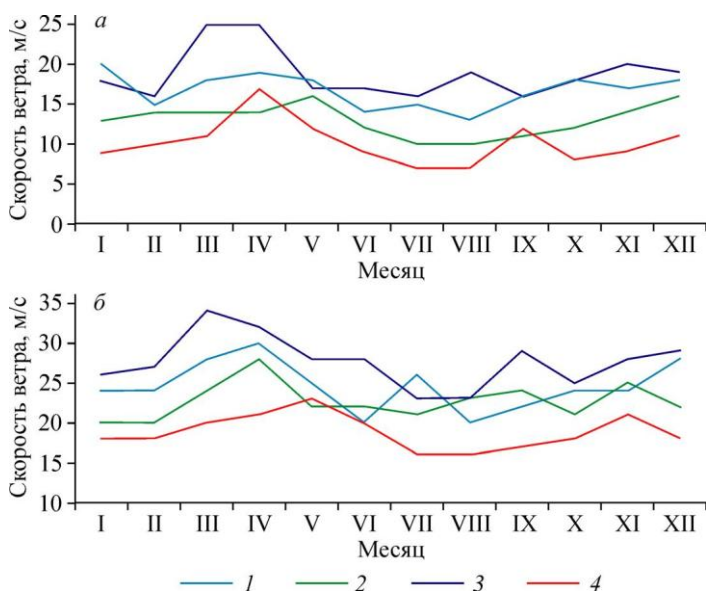


Рис. 25. Максимальная скорость ветра из сроков наблюдения (а) и абсолютный максимум за сутки (б).

1 – Обская ГМО; 2 – Огурцово; 3 – Остров Дальний; 4 – Учебная

Число дней с сильным ветром

Станция	Предел скорости ветра			
	≥12	≥ 15	≥ 20	≥ 25
Огурцово	71,2	23,0	2,2	0,03
Учебная	25,6	5,1	0,3	–
Обская ГМО	56,7	21,2	2,7	0,1
Остров Дальний	93,2	42,4	7,7	0,9

По этой же причине на ст. Обская ГМО средняя скорость ветра меньше, чем на ст. Остров Дальний, расположенной на возвышенном месте и открытой преобладающим юго-западным ветрам.

На Новосибирском водохранилище скорость ветра усиливается. Ветер 25 м/с и порывы ураганной силы 32–34 м/с отмечаются на ст. Остров Дальний в марте и апреле. В остальное время года сила ветра в пределах 16–20 м/с, а порывы – 23–28 м/с. Высокий уровень максимальных скоростей ветра отмечает также ст. Обская ГМО, находящаяся в 500 м от водохранилища, но с элементами защищенности инфраструктурой Обской ГЭС и прилегающей застройкой. Здесь максимумы скорости ветра не выходят за пределы 13–20 м/с, суточный экстремум лишь изредка может достигать 30 м/с. Станция Огурцово, расположенная в 20 км от города, характеризуется ровным ландшафтом, максимальные скорости ветра в течение года варьируют от 10 до 15 м/с с единичным случаем порыва весной до критерия опасное явление (ОЯ) (28 м/с). Благодаря влиянию городской застройки на ст. Учебная регистрируются наименьшие максимумы скорости ветра: преобладающую часть года ветры менее 10 м/с, в переходные сезоны порывы лишь немногим более 20 м/с.

Наибольшее годовое число дней с ветром 12 м/с и более отмечается в зоне Новосибирского водохранилища (Остров Дальний – 93 дня), в пригородах – 60–70 дней, а на защищенных от ветра территориях города – суммарно менее месяца.

Число дней с ветром более 15 м/с сокращается до 20–40 дней, в городе их не более пяти. Ветер 20 м/с бывает редко – 2–8 дней в году, в городской застройке – не ежегодно. Сильные ветры категории ОЯ отмечаются лишь на Острове Дальнем и практически ежегодно. Сильные ветры 12 м/с и более наблюдаются во все месяцы года с максимумом в мае – около 10 дней (рис. 26).

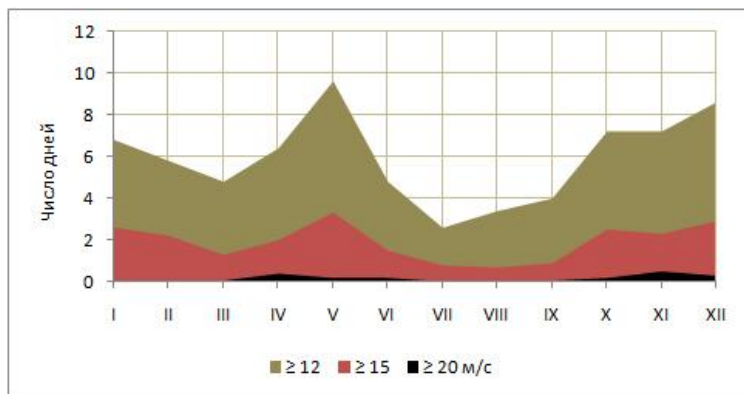


Рис. 26. Годовой ход числа дней с сильным ветром, ст. Огурцово

В холодный период количество таких дней убывает до 6–8 летом – до 2–4. Отмеченные закономерности годового числа дней с сильными ветрами сохраняются и в пригороде. Микроклиматические особенности Новосибирска, изложенные в монографии [1], были исследованы на основе комплекса многолетних специальных метеорологических наблюдений, в результате которых выявлены основные закономерности влияния города на особенности режима ветра. Так, вследствие деформации воздушного потока могут меняться скорость и направление ветра. Помимо тормозящего воздействия города на воздушный поток имеет место и эффект усиления ветра, главным образом при направлении, совпадающем с направлением улицы, ограниченной многоэтажными зданиями, – известный «эффект аэродинамической трубы».

Ветровой режим в городе неоднороден и определяется не только влиянием шероховатости городской застройки. Увеличение скорости ветра объясняется также температурными различиями, которые предопределяют местные воздушные токи, создающие «городские бризы». На солнечной стороне зданий возникают восходящие токи воздуха, у теневых стен – напротив, нисходящие. В многоэтажных домах неизменно ощущается возрастание силы ветра на высотах [21].

Многолетние изменения ветрового режима. Отражая тенденции уменьшения скоростей ветра практически на всей территории России, для Новосибирска также характерен отрицательный тренд средней годовой скорости ветра (рис. 27, табл. 38). В числе основных причин, как указывалось выше, является ослабление градиентов давления, а также рост защищенности наблюдательных пунктов растительностью и инфраструктурой обжитых территорий [23, 54–58].

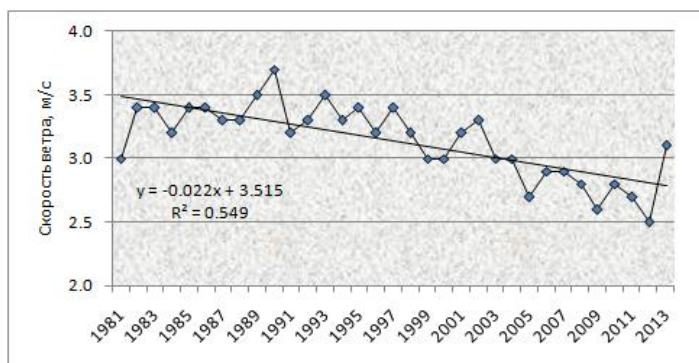


Рис. 27. Изменение средней годовой скорости ветра за период 1981–2013 гг.

Практически во все месяцы года присутствует статистически значимый отрицательный тренд.

Максимальные скорости ветра также ослабевают (см. табл. 38). В 90-х годах прошлого века максимальные ветры могли достигать 16 м/с, а в первом десятилетии текущего века не выходят за пределы 10–12 м/с. Отрицательный тренд годового максимума имеет уровень значимости 0,1 % (см. табл. 38).

В заключение рассмотрим вопрос о преемственности характеристик ветрового режима в Новосибирске, содержащихся в Научно-прикладном справочнике по климату СССР [35] по данным за 1936–1980 гг., и представленных в настоящей работе данными рядов за 1981–2013 гг. В первом использованы в основном показания флюгера, а экстремумы приведены по данным анеморумбометра после его установки в середине 70-х годов. В табл. 39 приводятся средняя месячная скорость ветра, максимальная из сроков наблюдения, и суточный экстремум скорости ветра.

Средняя месячная скорость ветра по показаниям флюгера больше на 0,2–0,9 м/с, чем по анеморумбометру, в ноябре эта разница составила 1,1 м/с. Особенно значимыми являются систематические расхождения между максимальными скоростями ветра в сроки наблюдения – в преобладающем числе случаев от 2 до 13 м/с. Вместе с тем по данным анеморумбометра за оба рассматриваемых периода (отмечено * в табл. 39) тоже прослеживается разница между скоростями ветра (на 8–12 м/с), что, очевидно, можно отнести к проявлению тенденции уменьшения скоростей ветра.

Несколько иная картина при сравнении данных скорости ветра в порывах. Здесь отмечаются отклонения (хотя и незначительные)

Т а б л и ц а 38

Коэффициент линейного тренда скорости ветра (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя скорость ветра													
a , м/с/10 лет	−0,3	−0,3	0,0	−0,3	−0,2	−0,2	−0,1	0,0	−0,1	−0,3	−0,2	−0,3	−0,2
R^2 , %	13	18	0,0	29	11	41	24	2	16	28	9	17	55
t	2,1	2,5	0,0	3,5	1,9	4,5	3,0	0,8	2,4	3,4	1,7	2,4	6,0
Максимальная скорость ветра из сроков наблюдения													
a , м/с/10 лет	−0,9	−0,7	−0,2	−0,9	−0,7	−0,8	−0,6	−0,2	−0,5	−0,5	−1,2	−1,0	−1,2
R^2 , %	31	23	1	16	15	20	18	5	10	20	32	33	38
t	3,7	3,0	0,6	2,4	2,3	2,8	2,6	1,3	1,9	2,8	3,8	3,9	4,4

Т а б л и ц а 39

Климатические характеристики скорости ветра за 1936–1980 и 1981–2013 гг.

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя скорость ветра													
1936–1980 гг.	4,3	4,2	4,0	3,9	3,9	3,3	2,5	2,7	3,1	4,3	4,8	4,3	3,8
1981–2013 гг.	3,5	3,4	3,2	3,4	3,4	2,7	2,3	2,4	2,7	3,4	3,7	3,8	3,1
V	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,9	1,1	0,5	0,7
Максимальная скорость ветра из сроков наблюдения													
1936–1980 гг.	24ф	24ф	24ф	20ф	18ф	18ф	17ф	20ф	24ф	24а	20ф	18ф	24фа
1981–2013 гг.	13	14	14	15	16	12	10	10	11	12	15	16	16
V	11	10	10	5	2	6	7	10	13	12*	5	2	8*
Максимальная скорость ветра с учетом порывов													
1936–1980 гг.	28ф	28а	24ф	24ф	22ф	21ф	23а	20ф	24ф	28а	23ф	21ф	28фа
1981–2013 гг.	20	20	24	28	22	22	21	23	24	21	25	22	28
V	8	8*	0	–4	0	–1	2*	–3	0	7*	–2	–1	3*

П р и м е ч а н и е. * – разность скорости ветра по анеморумбометру за разные интервалы лет. а – данные по анеморумбометру;
ф – данные по флюгеру; фа – совпадение максимальных значений по обоим приборам.

противоположного знака порядка 1–4 м/с, наряду с завышенными значениями по флюгеру и расхождениями за разные периоды по данным одного прибора – анеморумбометра (порядка 8–10 м/с).

Видимо, более совершенный анеморумбометр точнее фиксирует пульсации ветра, чем флюгер.

Таким образом, в практической деятельности целесообразно ориентироваться на обновленные данные о режиме ветра, полученные по данным анеморумбометра и учитывающие тенденции уменьшения скоростей ветра на территории России.

Глава 11

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Водяной пар – это переменная составная часть атмосферного воздуха [62]. Содержание водяного пара в атмосфере оценивают с помощью различных характеристик влажности воздуха: упругости водяного пара или парциального давления водяного пара, относительной влажности, дефицита насыщения.

Парциальное давление водяного пара e (гПа) зависит от температуры воздуха, т.е. чем выше температура, тем большее количество влаги может в нем содержаться. Максимальное значение парциального давления водяного пара отмечается в июле, наименьшее – в центральные зимние месяцы. Годовая амплитуда параметра составляет 13,9 гПа, абсолютная амплитуда – 28,7 гПа (табл. 40, рис. 28).

Примечательно, что наибольшие средние значения парциального давления водяного пара отмечаются в 10 месяцах нового столетия (экстремумы зафиксированы в шести месяцах), это касается и годовой величины аномально теплого 2007 г.

Эта же закономерность (связь минимума парциального давления с холодом) присуща и месяцам тёплого периода, к примеру, экстремум мая 1969 года и аномально холодный сентябрь 1968 года.

Различия парциального давления в городе и пригороде иллюстрирует рис. 29, где представлены максимальные средние месячные значения характеристики влажности.

В холодный период парциальное давление водяного пара повсеместно одинаковое. Различия начинают проявляться с апреля и сохраняются все лето. Весной, вследствие более быстрого прогресса искусственных покрытий освобожденной от снежного покрова территории города, максимальное среднее месячное парциальное давление здесь выше, чем под естественным покровом пригородных районов. Наибольшие отличия заметны в мае: величина e на станциях Учебной и Огурцово составляет 2,5 гПа. Лишь в июле парциальное давление в черте города ниже на 1,9 гПа по сравнению с местами

Характеристики парциального давления водяного пара за период 1966–2013 гг., гПа

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее												
1,6	1,7	2,8	5,0	7,3	12,4	15,5	13,4	9,0	5,8	3,4	2,0	6,7
Наибольшее среднее												
3,2	3,2	4,0	6,3	9,1	14,9	19,0	16,5	10,4	7,6	5,0	3,5	7,2
2002	2002	2002	2007	2001	2011	1996	2013	1991	2011	2013	2006	2007
Наименьшее среднее												
0,5	0,8	1,4	3,7	5,7	9,8	13,3	11,6	6,8	4,1	1,8	0,7	6,0
1969	1969	1999	2006	2006	1968	1997	1989	1968	1976	1976	1966	1968
Максимум												
6,7	7,0	10,2	16,4	21,1	28,8	27,3	28,3	20,6	15,4	11,1	6,8	28,8
1975, 2002	2002	1989	1997	2010	1973	1998	1988	1969	2009	2006	1983, 2013	1973
Минимум												
0,1	0,1	0,2	0,5	0,6	3,3	5,9	4,5	2,6	0,6	0,1	0,1	0,1
2001	1966, 1977	1966, 1971	1969	1969	1983	1988	2006	1968 1971	1976	1987	1976, 1984	2001

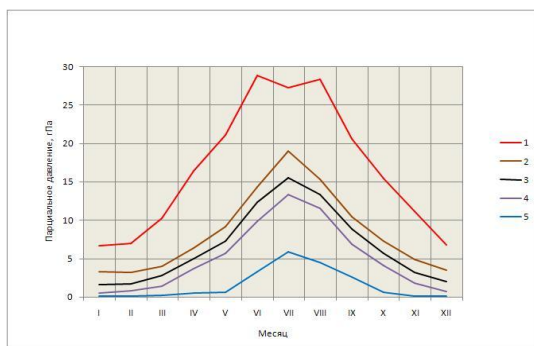


Рис. 28. Годовой ход характеристик парциального давления водяного пара.

1 – максимум; 2 – наибольшее среднее; 3 – среднее; 4 – наименьшее среднее; 5 – минимум

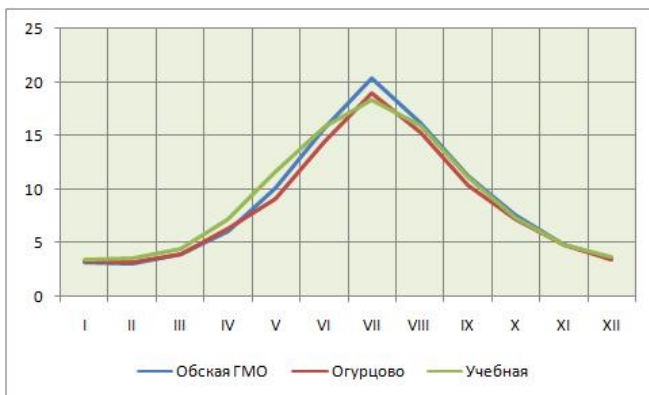


Рис. 29. Наибольшее среднее месячное парциальное давление

в непосредственной близости к водоему, более обеспеченными влагой. Уже к сентябрю значения парциального давления в городе и пригороде сближаются.

Сравнивая данные изменения от месяца к месяцу температуры воздуха и парциального давления с аналогичными данными, полученными за период 1936–1960 гг. (табл. 41), можно заключить, что различия хода параметров невелики. Уменьшение e по обновленным данным наблюдается более заметно в переходные сезоны, отражая потепление месяцев переходного периода (апрель, октябрь). Изменения парциального давления водяного пара летом находятся в пределах ± 2 – 5 гПа, в холодный сезон ± 1 – 2 гПа. В январе и феврале различия в режиме парциального давления практически отсутствуют.

Т а б л и ц а 41

Изменение от месяца к месяцу парциального давления водяного пара и температуры воздуха за период 1966–2013 и 1936–1960 гг.

Годы	I-II	II-III	III-IV	IV-V	V-VI	VI-VII	VII-VIII	VIII-IX	IX-X	X-XI	XI-XII
Парциальное давление, De											
1966–2013	0,1	1,1	2,2	2,3	5,1	3,1	–2,1	–4,4	–4,2	–2,4	–1,4
1936–1960	0,2	0,9	2,5	2,5	4,9	3,3	–2,1	–4,3	–3,7	–2,8	–1,1
Температура воздуха, Dt											
1966–2013	1,6	7,4	10,6	9,0	5,8	2,4	–3,2	–6,0	–7,7	–9,9	–7,2
1936–1960	1,8	6,4	10,6	10,1	6,3	2,4	–2,7	–6,1	–8,4	–11,2	–7,2

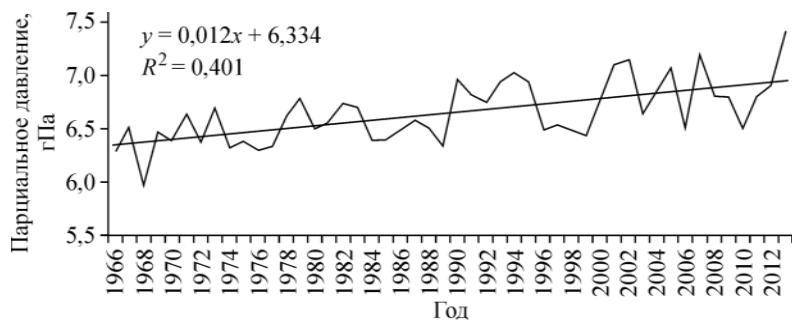


Рис. 30. Многолетние изменения парциального давления водяного пара за период 1966–2013 гг.

Т а б л и ц а 42

Коэффициент линейного тренда парциального давления водяного пара (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , гПа/10 лет	0	0,1	0,1	0	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
R^2 , %	0,4	5,0	5,0	3,0	7,8	8,6	1,3	9,0	1,4	14,6	11,2	3,1	40,1
t	0	1,5	1,5	0	2,0	2,2	0,7	2,2	0,7	2,9	2,4	1,2	5,6

Тренд среднего годового парциального давления положительный, достоверность его высокая – 0,1 % (рис. 30, табл. 42).

Вклад отдельных месяцев в динамику годовых оценок тренда неравнозначен, по значимости выделяются май, июнь, август, октябрь и ноябрь.

Относительная влажность f (%) является показателем насыщения воздуха водяным паром, в сочетании с температурой характеризует испаряемость.

Годовой ход относительной влажности противоположен годовому ходу парциального давления водяного пара. Наиболее низкая относительная влажность воздуха наблюдается не в самый теплый месяц, а несколько ранее, в конце мая – начале июня, что обусловлено быстрым прогреванием приземных слоев воздуха и небольшим количеством выпадающих осадков (табл. 43). Затем ее значение повышается, достигая в августе 74 %, несколько выше – в октябре (76 %). С переходом к устойчивым отрицательным температурам (ноябрь – январь) наступает максимум относительной влажности (около 80 %). Относительная влажность воздуха зимой колеблется в пределах 76–80 %, весной воздух несколько суше – влажность уменьшается до 57–67 %; среднегодовая величина составляет 73 %.

Минимальные средние месячные значения относительной влажности изменяются в среднем от 70 % в холодный период до 50–60 % – в теплый сезон. Наиболее сухим был май 2005 г., средняя месячная относительная влажность в это время составила всего 47 %.

Изменение относительной влажности воздуха в течение суток можно проследить по данным срочных наблюдений (рис. 31).

Относительная влажность с ноября по февраль почти не меняется и находится на уровне 78–80 %, амплитуда ее колебаний в течение суток не превышает 15 %.

В теплый период года амплитуда суточного хода возрастает до 37%, а в отдельные дни может достигать 50 %. Наибольшие значения амплитуды относительной влажности, так же, как и температуры воздуха, наблюдаются в жаркую, сухую погоду при безоблачном небе и слабом ветре.

В суточном ходе относительная влажность достигает максимума перед восходом солнца (00 ч по всемирному скоординированному времени (BCB) – 06 ч местного времени).

Наиболее высокая относительная влажность (09 ч BCB или 15 ч местного времени) наблюдается в декабре – феврале; средняя месячная величина в эти месяцы составляет 70–78 %. С февраля обычно дневная относительная влажность понижается, а наиболее интенсивный спад отмечается от марта к апрелю (март – 65 %, апрель – 50 %) и от апреля к маю. Май и июнь, как правило, отличаются большой засушливостью, вследствие чего и относительная влажность воздуха в 09 ч BCB в эти месяцы наименьшая в году (май – 41 %, июнь – 47 %).

От года к году дневная относительная влажность претерпевает большие изменения. Наблюдались два случая самой низкой

Т а б л и ц а 43

Характеристики относительной влажности воздуха, %

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя многолетняя												
79	77	76	67	57	64	71	74	72	76	80	80	73
Наибольшая средняя												
88	85	82	77	70	77	80	82	84	84	87	87	76
1993	1992	1973, 1993	1985	1969	2009	1972	2013	1974, 1992	1982	2009	1974, 1992	1993, 2009
Наименьшая средняя												
71	70	67	54	47	53	62	63	62	66	73	73	69
2000	1977	1987	1990	2005	1981	1999, 2012	1989	1973	1997, 2003	1995	1984	1997, 1999
Минимум												
41	36	27	11	8	15	20	17	14	18	37	37	8
1980, 2000	2001	2004	1997	1972, 1989	1978, 2004	1982	1991	1999	1971, 1997	1997	1973	1972, 1989

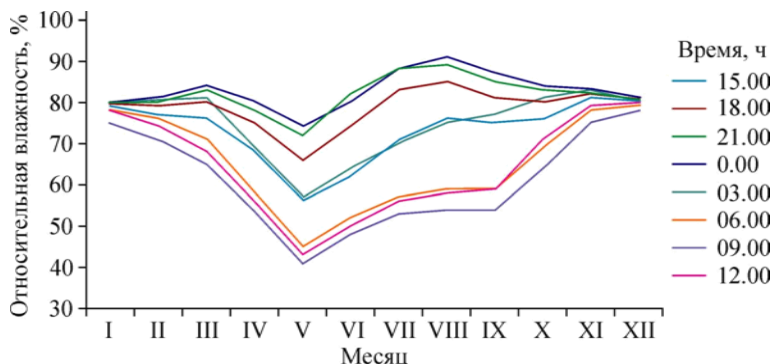


Рис. 31. Суточный ход относительной влажности воздуха
(в легенде указаны сроки наблюдений по ВСВ)

относительной влажности (8 %) – в мае 1972 и 1989 гг. Экстремально малая влажность воздуха формировалась 10 мая 1989 г. в условиях антициклональной погоды, при максимальной температуре 21 °С и среднесуточном дефиците насыщения 11,5 гПа, соизмеримом с максимальным дефицитом насыщения в аномально жарком мае 2004 г. (11,9 гПа).

Число дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее характеризует засушливость весенних и первых летних месяцев (табл. 44). На апрель и июнь в среднем приходится 4–5 таких дней, в мае – до 14 дней. Суммарно за год сухая погода держится около месяца. В отдельные годы число дней с низкой относительной влажностью может значительно отклоняться от среднего. Так, с июля по октябрь этот показатель иногда увеличивается до 10 дней с $f \leq 30\%$, а в мае – 24 дня.

Относительная влажность 80 % и более служит характеристикой влажных дней. За период с октября по февраль их насчитывается

Т а б л и ц а 44

Число дней с относительной влажностью f

Влажность	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$f \leq 30\%$ (в один из сроков)													
Средняя	0	0	0,1	4	14	5	1	1	2	1	0	0	29
Наибольшая	0	0	1	15	24	15	10	7	9	9	0	0	52
$f \geq 80\%$ в 09 ч ВСВ													
Средняя	14	11	8	5	2	2	3	4	4	10	14	16	93
Наибольшая	28	21	17	12	7	6	10	11	14	19	23	30	145

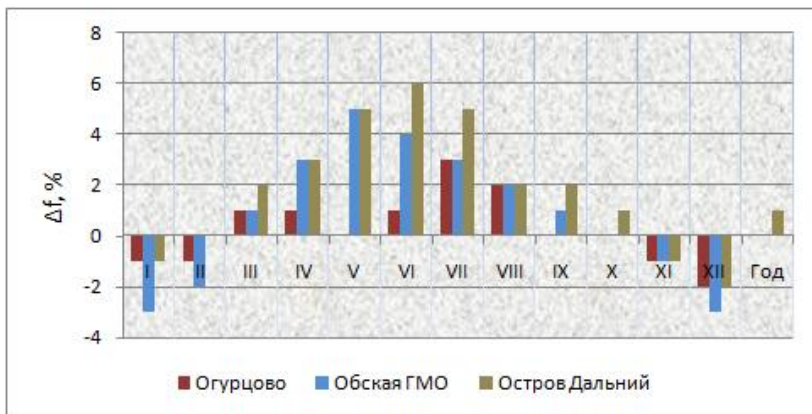


Рис. 32. Отклонения средней месячной относительной влажности от значений на ст. Учебная

до 10–16 дней, в остальные месяцы в основном колеблется в пределах 2–5. В декабре и январе высокая относительная влажность может сохраняться весь месяц.

Зимой в черте города (ст. Учебная) воздух более влажный, чем в пригороде, чему способствуют более высокая температура воздуха и увеличение испаряемости снежного покрова. Различия относительной влажности с ноября по февраль составляют 1–3 % (рис. 32).

В теплый период года городской воздух характеризуется более высокой температурой и низким влагосодержанием, а наибольших значений относительная влажность достигает вблизи водных объектов (Обская ГМО, Остров Дальний). В мае – июле отклонения достигают 4–6 %. Годовая величина относительной влажности в системе «город–пригород» практически не различается.

Число дней с относительной влажностью, равной и ниже 30 %, т.е. число сухих дней в среднем за год в городе почти вдвое больше, нежели в зонах влияния Обского водохранилища. Примерно в этом же соотношении находится и наибольшее число таких дней (табл. 45). Среднее число влажных дней, т.е. с относительной влажностью днем, равной 80%, меняется на территории незначительно, за год их сумма колеблется в пределах 93–102, максимальное число влажных дней может достигать в отдельные годы 130–160 (см. табл. 45).

Представленная на рис. 33 многолетняя динамика среднегодовой относительной влажности воздуха и оценка линейного тренда свидетельствуют об отсутствии однонаправленной тенденции (табл. 46). Вместе с тем отрицательный значимый тренд в марте и апреле подтверждается потеплением весенних месяцев и усилением их сухости.

Т а б л и ц а 45

Среднее ($n_{\text{ср}}$) и максимальное ($n_{\text{макс}}$) число дней с относительной влажностью воздуха, равной и менее 30 %, в любой из сроков, и равной и более 80 % в 09 ч ВСВ

Станция	$f \leq 30 \%$		$f \geq 80 \%$	
	$n_{\text{ср}}$	$n_{\text{макс}}$	$n_{\text{ср}}$	$n_{\text{макс}}$
Огурцово	29	52	93	145
Учебная, ГМС	23	55	97	161
Обская ГМО	14	28	95	136
Остров Дальний	10	35	102	133

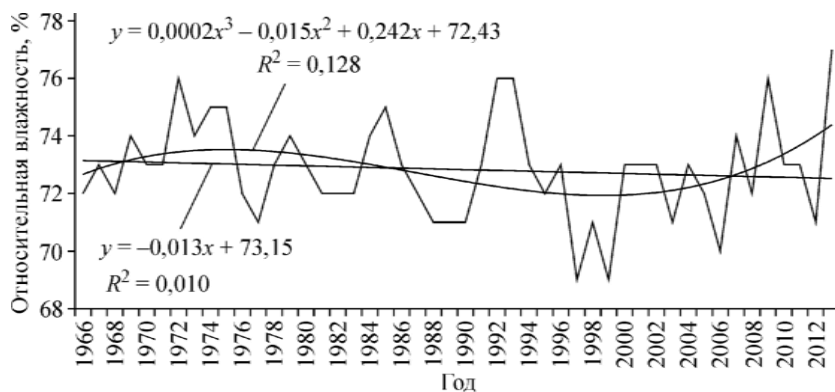


Рис. 33. Многолетняя динамика среднегодовой относительной влажности воздуха за период 1966–2013 гг.

Т а б л и ц а 46

Коэффициент (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t) относительной влажности воздуха

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , %/10 лет	0,2	0,5	-0,6	-1,2	-1,1	0,7	0,1	-0,3	0,0	-0,4	0,3	0,3	-0,1
R^2 , %	1,0	3,7	8,1	12,4	7,2	4,2	0,0	1,0	0,0	2,0	1,3	1,7	1,0
t	0,7	1,3	2,0	2,5	1,9	1,4	0,0	0,7	0,0	1,0	0,8	0,9	0,7

Аппроксимация кубическим трендом указывает на повышение относительной влажности с начала нового столетия, обусловленное увеличением летних осадков – дождливое лето в 2009 и 2013 гг. Относительная влажность воздуха в 2013 г. достигла рекордного значения (77 %).

В заключение можно отметить, что физическая зависимость температуры воздуха и характеристик влажности – парциального давления водяного пара и относительной влажности – нашла подтверждение в полученных нами оценках климатических обобщений и многолетних тенденций.

Глава 12

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

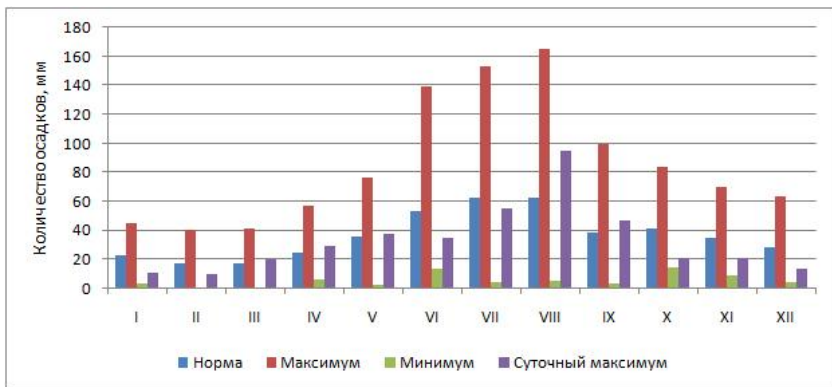
В формировании режима увлажнения важнейшая роль принадлежит атмосферным осадкам. Их количество, характер и распределение обусловлены в основном процессами циркуляции атмосферы и географическими условиями [10]. Увлажнение во многом определяется влагой, приносимой с западных территорий. Атлантический воздух достигает территории Новосибирской области значительно иссушенным вследствие потери влаги при прохождении над Западной и Восточной Европой, а также при переваливании через Уральские горы. Арктический воздух, поступающий с севера, содержит мало влаги, тропический – из районов Средиземного моря и Индийского океана – проникает на территорию области сравнительно редко. В связи с этим общее количество осадков в Новосибирске меньше по сравнению с Казанью на 30% и с Москвой на 60%, расположенных на той же широте в Европейской части.

Одним из важнейших показателей режима осадков является их количество, которое определяется высотой слоя воды (мм), образовавшегося на горизонтальной поверхности при отсутствии стока, просачивания и испарения. Количество осадков относят обычно к определенному интервалу времени (срок, сутки, месяц, сезон, год). В зависимости от вида осадков год условно делят на два периода: холодный – с ноября по март, когда осадки выпадают в основном в твердом и смешанном состоянии, и теплый – с апреля по октябрь с преобладанием жидких осадков.

Количество осадков по данным за период 1966–2013 гг. в Новосибирске в среднем за год составляет 440,3 мм (табл. 47, рис. 34). Годовые суммы формируются главным образом за счет вклада в них осадков теплого периода – около 320 мм. В отдельные годы фактически наблюдавшиеся осадки могут значительно отклоняться от многолетнего значения. Например, 2000 г. характеризуется как аномально влажный – осадков выпало 673 мм. Этот максимум – второй в ранжируемом ряду с 1895 г. Лишь однажды, в 1946 г. сумма осадков превысила указанный максимум на 40 мм (713 мм). Минимум осадков зарегистрирован

Климатические характеристики количества осадков, 1966–2013 гг., мм

Месяц	Среднее	Месячный максимум	Год	Месячный минимум	Год	Суточный максимум	Год
I	22,6	45,6	1999	3,2	2011	10,7	1983
II	17,4	40,8	1972	0,6	2012	10,0	2004
III	17,4	41,9	2004	0,4	1989	19,9	1982
IV	25,1	56,8	1985	5,6	2012	29,5	2010
V	35,6	76,8	2013	2,1	1999	37,7	1986
VI	53,2	139,8	1966	13,4	1977	35,1	1978
VII	62,9	153,4	1976	3,7	2012	55,2	1976
VIII	62,9	165,4	2013	4,8	2003	94,9	1982
IX	38,4	99,4	1996	3,1	1971	46,9	1996
X	41,3	84,1	1982	14,0	1980	21,3	1997
XI	35,2	69,8	2010	8,6	1967	21,0	1979
XII	28,2	63,8	2000	4,5	1967	14,1	1987
Год	440,3	673,0	2000	302,9	1989	94,9	1982

**Рис. 34.** Годовой ход количества осадков

в 1989 г. и составил 303 мм, что примерно на 80 мм больше, чем минимальное количество, отмеченное в предыдущей монографии «Климат Новосибирска» [1].

В годовом ходе минимум осадков приходится на февраль – март (17 мм). С апреля начинается постепенное их увеличение, достигающее максимальных значений в июле – 63 мм. Изменчивость месячных сумм осадков особенно велика в теплый период. Например, в июле 1976 г. сумма осадков составила 153 мм, а в июле 2012 г. – всего лишь 4 мм.

Осадки 2012 г. привнесли некоторые коррективы в распределение месячных минимумов. Так, в феврале, апреле и июле были перекрыты минимальные месячные рекорды и соответственно составили 0,6 мм (5,2 мм – 1999 г.), 5,6 мм (6,2 мм – 1997 г.) и 3,7 мм (5,0 мм – 1974 г.).

Одной из характеристик режима увлажнения является число дней с осадками различной величины. За день с осадками принимается такой день, в течение которого количество выпавших осадков составляет 0,1 мм и более. Среднее годовое число дней с осадками $\geq 0,1$ мм характеризует общий режим увлажнения в целом за год, число дней с осадками менее 1 мм является косвенной оценкой периодов бездождей, более 5 мм – учитывается, например, при проектировании и строительстве автомобильных дорог, более 10 мм – значительные и опасные осадки. Годовой ход числа дней с количеством осадков различной величины, включая также и те дни, когда осадки отмечены только как атмосферное явление (так называемые следы осадков), представлен на рис. 35. Обращает внимание однотипность графиков числа дней с осадками $\geq 0,1$, $\geq 0,5$ и $\geq 1,0$ мм с максимумом в ноябре, декабре и двумя минимумами: в марте – апреле и сентябре. Число дней с осадками 5 мм и более имеет обратный годовой ход. Осадки 20 мм и более выпадают в основном летом, очень редко в мае, эпизодически – в октябре и ноябре. Следы осадков отмечаются практически равнозначно в течение всего года – 5–6 дней. В сумме за год среднее многолетнее

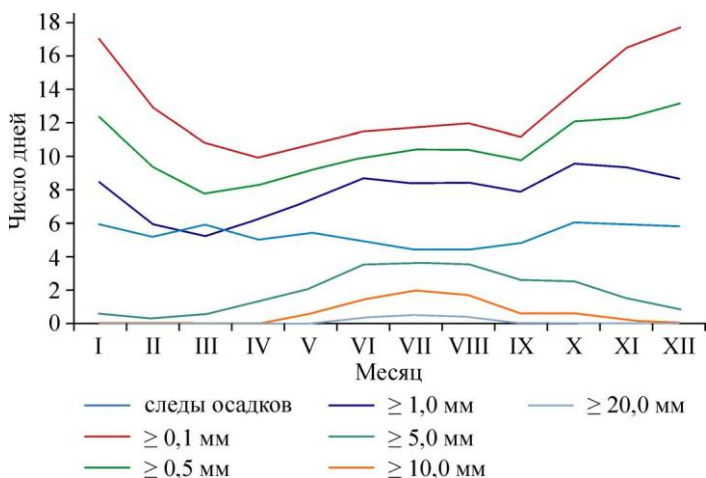


Рис. 35. Годовой ход числа дней с осадками различной величины за период 1966–2007 гг.

Количество осадков за холодный (XI–III) и теплый (IV–X) периоды и в целом за год

Количество осадков, мм								
среднее			максимальное			минимальное		
XI–III	IV–X	Год	XI–III	IV–X	Год	XI–III	IV–X	Год
120,2	319,4	440,3	175,7	505,3	672,9	51,7	168,7	302,9
–			1982–1983	2000	2000	1967–1968	1999	1989

число дней с осадками $\geq 0,1$ мм составляет 156 дней, т.е. немногим меньше полугода в городе выпадают осадки. В месяцы холодного периода таких дней 11–18, в месяцы теплого – около 12.

В холодный период года выпадает около 27 % годового количества осадков (120 мм), в теплый – 73 % (320 мм). В «дождливые» годы осадки теплого периода могут возрастать более чем в полтора раза по сравнению со средним годовым значением, в засушливые, наоборот, уменьшаться почти вдвое (табл. 48). Так, например, в теплый сезон 2000 г. выпало 505 мм осадков, в аналогичный период 1999 г. – всего 169 мм. В снежную зиму 1982/83 г. количество осадков несколько превысило 170 мм, в малоснежную 1967/68 г. – уменьшилось до 52 мм.

Распределение доли дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками по месяцам и в целом за год представлено на рис. 36. Для континентального климата Западной Сибири естественно, что в зимние месяцы преобладают твердые осадки в виде снега, снежной и ледяной крупы и снежных зерен, но возможны они и в апреле, и октябре, эпизодически даже в мае и сентябре.

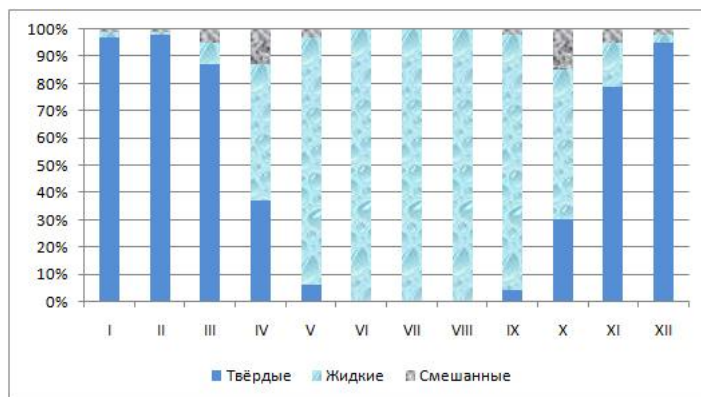


Рис. 36. Доля (%) числа дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками

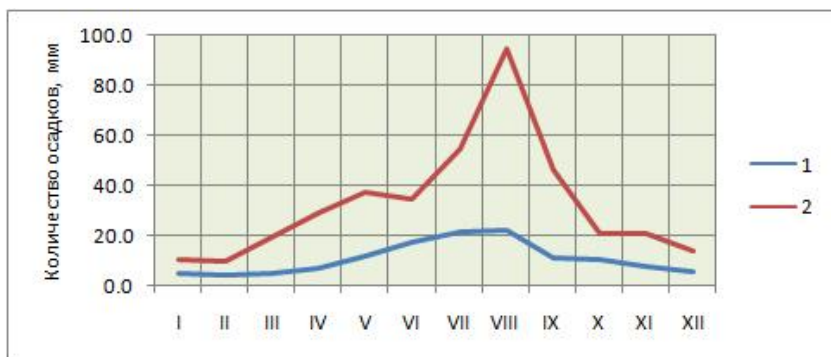


Рис. 37. Средний (1) и абсолютный (2) суточные максимумы осадков

Жидкие осадки наблюдаются преимущественно в теплый период, но очень редко отмечаются зимой, как правило, во время оттепелей. Смешанные осадки наблюдаются в Новосибирске, за исключением июля и августа, практически во все месяцы.

Оценка суточного максимума осадков проведена с использованием его средних и абсолютных значений. В зимние месяцы средние суточные максимумы осадков не превышают 4–8 мм (рис. 37). В весенние и осенние месяцы они увеличиваются до 11–12 мм, летом – чуть превышают 20 мм. Наибольший средний суточный максимум отмечался в августе – 22 мм.

Максимальное суточное количество осадков распределяется в течение года аналогично среднему месячному максимуму, однако с гораздо большей годовой амплитудой. Зимой за сутки может выпасть от 10 до 21 мм осадков. Несмотря на то, что апрель и октябрь относятся к теплому периоду, максимальное суточное количество осадков в эти месяцы ближе к осадкам холодного периода (15–21 мм). Наибольшее суточное количество осадков зарегистрировано 1 августа 1982 г. и составило 95 мм. Аналогичный максимум отмечен 28 июня 1938 г.

Изменение годовых и сезонных сумм осадков в Новосибирске за период 1966–2013 гг. представлено на рис. 38.

Для многолетней динамики сумм осадков наиболее характерным является большая временная изменчивость режима увлажнения, особенно для теплого сезона и года в целом. Поясним, что теплый период включает месяцы с апреля по октябрь текущего года, холодный – с ноября предшествующего года по март текущего. Наличие выраженной линейной составляющей тренда выявляется лишь в поведении их за холодный период. Положительное значение коэффициента при первом члене уравнения линейного тренда указывает на увеличение количества осадков. Скорость нарастания суммы осадков

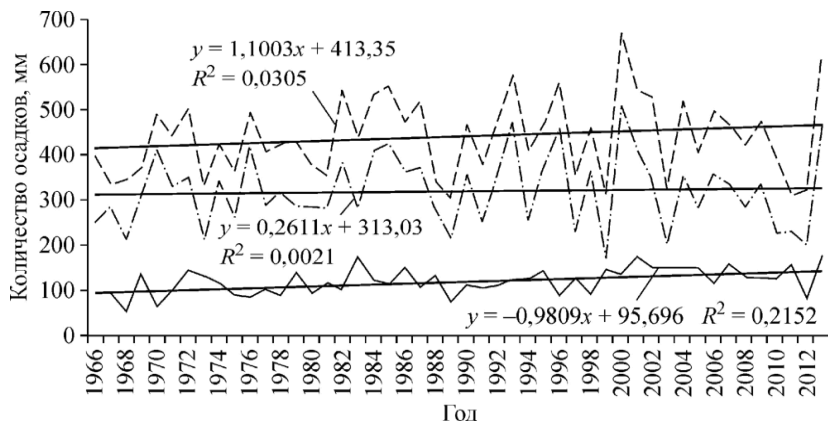


Рис. 38. Временные ряды количества осадков: год (вверху), теплый период (в середине), холодный период (внизу) и тренды

составляет 9,8 мм за 10 лет, в целом за холодный период 1966–2013 гг. количество осадков выросло на 47 мм. Критерий Стьюдента ($t = 3,53$) свидетельствует о достоверности тренда на 1 %-м уровне значимости (табл. 49).

В месячных суммах осадков устойчивая тенденция роста прослеживается только в декабре (табл. 50).

Т а б л и ц а 49

**Коэффициент линейного тренда количества осадков (a),
параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)**

Параметр	Теплый период (IV–X)	Холодный период (XI–III)	Год
a , мм/10 лет	2,6	9,8	11,0
R , %	0,2	21,5	3,0
t	0,31	3,53	0,85

Т а б л и ц а 50

**Коэффициент линейного тренда месячных сумм осадков (a),
параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)**

Параметр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , гПа/10 лет	0,3	0,1	1,4	0,8	–1,4	1,2	0,4	–0,3	1,7	0,1	2,5	4,0	11,0
R^2 , %	0,0	0,0	4,3	1,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	5,4	19,1	3,0
t	0,0	0,0	1,46	0,62	0,72	0,0	0,0	0,0	0,72	0,0	1,61	3,3	1,2

По сравнению с данными, представленными в предыдущей монографии [1], отметим, что среднегодовое количество осадков за период 1966–2013 гг. увеличилось на 15 мм, за холодный период – на 25 мм, за теплый период, наоборот, уменьшилось на 11 мм.

Мезоклиматические особенности города можно выявить при сравнении с климатом окрестностей. Типично городской является ст. Учебная, в пригороде Новосибирска – станции Огурцово, Обская ГМО и Остров Дальний. Последний пункт был открыт в 1981 г., поэтому его данные следует считать ориентировочными.

Вследствие близости расположения сравниваемых станций можно предположить, что радиационные условия формирования климата у них примерно одинаковы, а различия в их метеорологическом режиме, в частности осадков, обусловлены влиянием города.

Как видно из рис. 39, среднее многолетнее количество осадков, зафиксированное на пригородных станциях, практически не различается между собой, и лишь в холодный период года осадков в городе выпадает на 6–12 мм больше, чем в пригороде.

В целом за год осадки чаще выпадают в городе, чем в пригороде, в среднем на 8–14 дней. Основной вклад вносят зимние осадки с количеством 0,5 мм и менее, с увеличением их количества указанное различие исчезает. Возможно, и количество зимних осадков, и частота их выпадения в городе зависят от застройки территории, так как ослабление скорости ветра препятствует переносу снега.

Среднее максимальное количество осадков на всех станциях мало различается между собой, примерно на 1–2 мм, в то время как суточный максимум на ст. Обская ГМО в июле и августе примерно в 3 раза

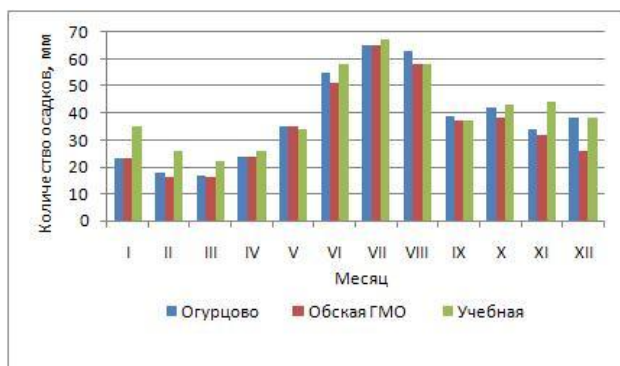


Рис. 39. Среднее месячное количество осадков в городе и пригороде

превзошел максимум на ст. Учебная (см. Прил. 6). В распределении наибольшего и наименьшего количества осадков по месяцам можно отметить следующее: минимальные и максимальные осадки в основном наблюдаются синхронно на всех станциях, что говорит о большем влиянии макромасштабных процессов на режим формирования осадков, нежели местных условий (см. Прил. 7).

Доля твердых, жидких и смешанных осадков в городе и пригороде практически равноценна. Аналогичный вывод следует также из распределения среднего и максимального числа дней с осадками различного вида.

Глава 13

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Снежный покров как сезонное накопление снега оказывает значительное влияние на формирование термического режима в холодный период. Незначительное количество тепла, поступающее зимой от солнца, практически полностью отражается снежной поверхностью. Как известно, отражательная способность (альbedo) свежеснежного покрова превышает 70 %.

Современное состояние динамики снежного покрова – одной из важнейших характеристик регионального климата, изложено в ряде работ [23, 63, 64]. Так, по наблюдениям со спутников площадь снежного покрова в Северном полушарии за период 1972–1992 гг. сократилась примерно на 10 %. Согласно другим источникам за период 1966–2005 гг. средняя месячная площадь снежного покрова уменьшалась на 1,3 % за 10 лет. В рядах средней за зиму высоты снежного покрова преобладают положительные тренды. В частности, для территории Сибири также характерно увеличение средней за зиму высоты снежного покрова, что не противоречит наблюдаемому потеплению климата, поскольку в этом регионе в течение всей зимы преобладают низкие температуры приземного воздуха на фоне редкой повторяемости оттепелей и тенденции ослабления скоростей ветра [48, 54–58].

Снежный покров оказывает существенное влияние на различные сферы жизнедеятельности города. С одной стороны, он дает начало занятиям зимними видами спорта, что благоприятно воздействует на здоровье человека, а также является благом для сельского хозяйства, укрывая поля в морозные зимы и обеспечивая влажность почвы для будущего урожая. С другой стороны, в особенно снежные зимы создаются проблемы для жилищно-коммунального хозяйства, ухудшается работа автомобильного транспорта при возникновении различных видов скользкости на дорогах (снежный накат, рыхлый снег) и снегозаносимости территорий. Достаточно свежий пример – ноябрь 2012 г. в Новосибирске побил вековые рекорды по уровню выпавших осадков со всеми последовавшими осложнениями.

Снег – знаковое явление природы. В январе 2013 г. по инициативе правительства Новосибирской области и при поддержке правительства РФ в Новосибирске прошел первый Всемирный Форум Снега. Специалисты из разных стран обсудили работу всех служб жизнеобеспечения при отрицательных температурах, снеге, холоде. Мероприятия включали три базовых направления: Снег и Экология, Снег и Город, Снег и Спорт [65].

Характеристики снежного покрова (высота, продолжительность залегания) включаются в расчеты транспортно-климатических ресурсов города, используются при планировании работ по содержанию автомобильных дорог и магистралей в зимнее время, для целей организации спортивных и рекреационных мероприятий.

Первый снег. Особенно яркое эмоциональное впечатление на жителей города производит раннее выпадение даже совсем небольшого снега. Самая ранняя дата первого снега в Новосибирске – 5 сентября 1968 г. (табл. 51). Снег был незначительным и на ст. Учебная не был зафиксирован; здесь самый первый снег выпал лишь 16 сентября 1998 г. Самая поздняя дата первого снега – 20 октября 1997 и 2012 гг. В среднем первый снег впервые выпадает ближе к концу сентября, а в черте города – в начале октября. Примерно в семи осенних сезонах из 10 первый снег наблюдается в третьей декаде сентября – первой декаде октября.

Осенью 2010 г. первый снег выпал в Новосибирске 12 сентября и получил оценку аномально раннего, а в 2009 г., напротив, отмечен на месяц позже (14 октября); очевидно, что разброс в датах может быть довольно существенным. Интересно отметить, что дата первого снега 5 сентября 1968 г. за 114-летний период наблюдений остается рекордом.

Даты сезонной динамики снежного покрова. Время установления первого, еще неустойчивого снежного покрова в Новосибирске приходится в среднем на 15 октября (табл. 52).

Т а б л и ц а 51

Даты первого снега

Станция	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя
Огурцово	29.09	05.09.1968	20.10.1997, 2012
Обская ГМО	30.09	05.09.1968	21.10.1999
Учебная	02.10	16.09.1998	19.10.1997

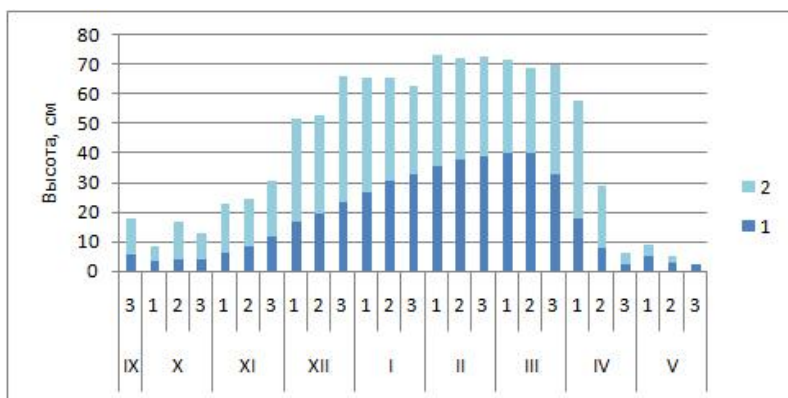
Даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова

Процесс	Средняя	Самая поздняя	Самая ранняя
Появление снежного покрова	15.X	10.XI.1997	22.IX.1998
Образование устойчивого снежного покрова	03.XI	26.XI.1994	15.X.1976
Разрушение устойчивого снежного покрова	12.IV	05.V.1969	25.III.1970
Сход снежного покрова	27.IV	22.V.1991, 2009	04.IV.1995

В зависимости от погодных условий в отдельные годы дата появления снежного покрова значительно колеблется. Отклонения от средней даты могут быть около месяца. Наиболее раннее появление снежного покрова отмечено в начале третьей декады сентября, т.е. в год ранней зимы 1998/99 г. Примерно только через месяц после выпадения первого снега образуется устойчивый снежный покров, которому часто соответствует период предзимья. За начало предзимья принята дата появления первого снежного покрова, за конец – время образования устойчивого снежного покрова. Бывают годы, когда предзимье очень короткое или вообще отсутствует, и первый снег, покрывающий поверхность земли тонким слоем (высота не превышает 1–3 см), не тает и сохраняется на всю зиму. Очень кратковременным предзимьем отличился 2010 г. – всего 7 дней – с 11 по 17 ноября. Такие условия создаются при вторжении в конце осени арктического воздуха, развитии интенсивной циклонической деятельности над Западной Сибирью и отсутствии в дальнейшем интенсивной адвекции тепла с запада и юга. Встречаются годы с длительным предзимьем. В этом случае во второй половине осени преобладают зональные формы циркуляции, и устойчивый снежный покров устанавливается с большим опозданием.

Высота снежного покрова. В начале зимы высота снежного покрова небольшая (рис. 40), в конце ноября в среднем не превышает 11 см. Однако в ноябре 2012 г. аномалия высоты снежного покрова составила 28 см, чуть уступив рекордному значению 30 см, имевшему место в 1968 г.

В течение декабря происходит интенсивное накопление снега и быстрое нарастание его высоты (в среднем по 3 см от декады к декаде) вплоть до первой декады февраля. Далее продолжается наращивание снежного покрова, но высота его увеличивается незначительно.



1 – средняя декадная высота снежного покрова;
2 – наибольшая из декадных высот

Максимальной высоты снежный покров достигает в первой – второй декадах марта и составляет 40 см. Средняя из наибольших декадных высот равна 43 см, но возможны колебания в больших пределах. Наибольшая высота снежного покрова достигала 74 см (1-я декада февраля 2000 г.). Минимальная высота (22см) отмечена зимой 1988/89 г.

Учащающиеся в конце зимы оттепели способствуют уменьшению снежного покрова из-за оседания, уплотнения и таяния снега. Причем таяние происходит гораздо быстрее, чем накопление. Период таяния (от наступления наибольшей высоты до разрушения устойчивого снежного покрова) составляет в среднем 40 дней. Уменьшение высоты снежного покрова становится заметным уже во второй половине марта, а таяние его происходит в конце марта – начале апреля, после того как он уплотнился. Стаивание снега начинается при отрицательной средней суточной температуре под воздействием солнечной радиации.

В течение апреля таяние уже продолжается при положительных среднесуточных температурах. Средней датой разрушения устойчивого снежного покрова считается 12 апреля, но возможны колебания в пределах 18–23 дней. В отдельные годы временные возвраты холодов весной сопровождаются образованием кратковременного снежного покрова, в результате чего окончательный сход его происходит в более поздние сроки – через 1–1,5 месяца после разрушения устойчивого снежного покрова. Средняя дата схода снежного покрова приходится на 27 апреля, а в отдельные годы возможны отклонения в пределах 30 дней.

Среднее число снегопадов при различной температуре воздуха

Станция	Температура воздуха, °С						Всего снегопадов
	0...2	0...-5	-5,1...-10	-10,1...-15	-15,1...-20,0	< -20	
Огурцово	25	57	50	39	24	14	209
Учебная	23	57	51	37	21	9	198
Обская ГМО	23	55	49	37	21	10	195
Остров Дальний	17	48	40	26	13	5	149

Самая ранняя дата схода снежного покрова отмечена 4 апреля 1995 г., самая поздняя – 22 мая 1991 и 2009 гг. Сходит снежный покров, как правило, неодновременно. Весной на автомобильных дорогах и тротуарах снега почти нет, а в скверах и парках, в затененных уголках дворов еще лежит и может сохраняться на одну–две недели дольше. Средняя продолжительность устойчивого залегания снежного покрова согласно датам табл. 52 составляет 160 дней.

Снег выпадает чаще всего (120–140 случаев) при температуре воздуха в интервале от 0 до –15,0 °С (табл. 53). Примерно каждый десятый снегопад случается при положительных температурах – от 0 до 2 °С.

Многолетние изменения режима снеготаяния. В табл. 54 сравниваются значения средней высоты снежного покрова по декадам, полученные за разные периоды обобщения.

Период снегозалегаания стал более продолжительным примерно на 2 декады. Увеличилась также высота снежного покрова, причем наиболее заметный рост (на 6 см) отмечен во второй половине зимы – с конца января до середины марта.

Средняя из наибольших высот снежного покрова увеличилась на 6 см (табл. 55). Экстремум высоты снежного покрова превзошел прежний (1968/69 г.) на 2 см и составил 74 см зимой 2000/2001 г., снежными были также зимы 2012/13 г. (69 см) и 1999/2000 г. (67 см). Минимальная высота снежного покрова по обновленным данным больше прежней на 10 см. Малоснежными были зимы 2011/12 г. (24 см) и 1967/68 г. (23 см).

В многолетнем изменении высоты снежного покрова отмечается статистически значимый положительный тренд на 0,1 %-м уровне значимости. Тенденция обуславливает 13 % межгодовой изменчивости роста снежного покрова (рис. 41).

Увеличение высоты снежного покрова за 48-летний период составило 17 см, т.е. примерно на 4 см за 10 лет.

**Средняя высота снежного покрова по постоянной рейке
за разные периоды лет, см**

Месяц	Декада	1966–2007 гг.	1891–1975 гг. [1]	Разность
Сентябрь	3	•		
Октябрь	1	•	•	0
	2	3	•	3
	3	3	1	2
Ноябрь	1	6	5	1
	2	9	9	0
	3	11	12	–1
Декабрь	1	17	16	1
	2	20	18	2
	3	23	21	2
Январь	1	27	23	4
	2	30	25	5
	3	33	27	6
Февраль	1	36	30	6
	2	38	32	6
	3	39	32	6
Март	1	40	34	6
	2	40	34	6
	3	33	30	3
Апрель	1	17	18	1
	2	5	5	0
	3	1	•	1
Май	1	•	•	0
	2	•	•	0
	3	•		

П р и м е ч а н и е. Точка означает, что снежный покров отсутствовал более чем в 50 % лет.

Наибольшая за зиму высота снежного покрова, см

Характеристика	Период наблюдений		Разность
	1966–2013 гг.	1891–1975 гг.	
Средняя	43	37	6
Максимальная	74 (2000–2001)	72 (1968–1969)	2
Минимальная	22 (1988–1989)	12 (1954–1955)	10

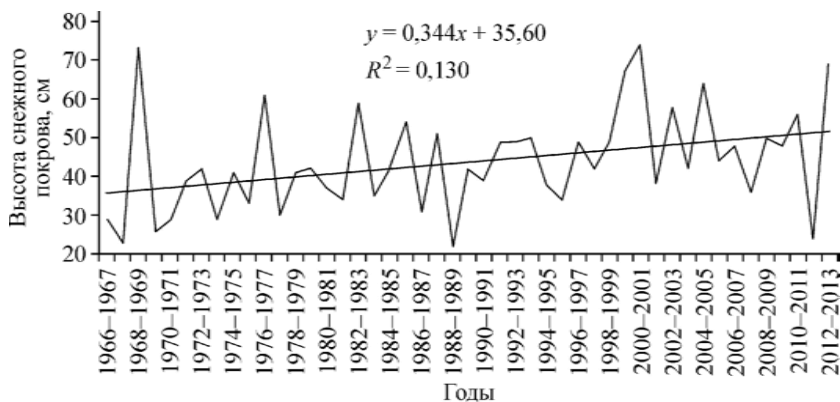


Рис. 41. Изменение наибольшей за зиму высоты снежного покрова

Плотность снежного покрова и запас воды в снеге.

Существенной характеристикой снежного покрова является его плотность, которая растет от начала зимы к ее окончанию. Большое влияние на формирование плотности снежного покрова оказывает скорость ветра, способствующая уплотнению снега. Поэтому снегосъемку производят в окрестностях метеостанции как на открытых участках (поле), так и в защищенных местах (лес). По данным за период 1995–2011 гг. в Огурцово (поле) средняя плотность снега растет с первой декады ноября от 150 кг/м^3 , достигая максимума в первой декаде апреля 330 кг/м^3 . В защищенной местности (ст. Обская ГМО) средняя плотность снежного покрова изменяется от 130 кг/м^3 во второй декаде ноября до 270 кг/м^3 в конце марта. Запас воды в снеге на поле в начале зимнего периода равен 18 мм, а в марте, перед снеготаянием, составляет 122 мм, максимум 185 мм. В лесу запас воды в снеге варьирует от 11 до 130 мм. Максимальный запас воды в снеге отмечался рекордно снежной зимой 2000/2001 г. и составил 238 кг/м^3 . По параметру запаса воды в снеге рассчитывается снеговая нагрузка на сооружения.

Глава 14

ОБЛАЧНОСТЬ

Облачность – это скопление облаков, наблюдаемых в определенном месте и в конкретный момент или период времени [50]. Благодаря экранирующему эффекту они препятствуют как охлаждению поверхности Земли за счет собственного теплового излучения, так и ее нагреву благодаря излучению солнца, тем самым уменьшая сезонный и суточный ход температуры воздуха. Облачность оказывает влияние на климат не только в отношении тепла, но и света. Закрывая диск солнца, облачность уменьшает свет, замедляет процесс фотосинтеза.

Современная программа исследования облачного покрова Земли и изучения образования и эволюции облаков выполняется с 2006 г. NASA (Национальное управление США по авионавигации и исследованию космического пространства) посредством двух специальных спутников – Cloud Sat и Calipso и спутника на полярной орбите AIM, предназначенного для изучения серебристых облаков.

Основным потребителем данных об облачности является авиация, для которой в соответствии с международными нормами применяются свои критерии оценки состояния неба, высоты облачного покрова, а также используются комплексные характеристики сочетания облачности и видимости с другими метеорологическими параметрами. Для аэропорта Толмачево (Новосибирск) такие данные приведены в [9].

Мегаполисы зачастую являются местом проведения важных мероприятий, не совместимых с плохой погодой. В таких случаях для ее улучшения используются методы активных воздействий. Основной задачей этих работ является рассеяние облаков и уменьшение или прекращение осадков на защищаемой территории. В качестве реагентов для засева облаков используются жидкий азот, твердая уголекислота, йодистое серебро и грубодисперсный порошок. Так, во время проведения в Санкт-Петербурге саммита глав государств и правительств «Группы восьми» 15–17 июля 2006 г. были успешно

проведены работы по созданию благоприятных условий погоды методами активных воздействий на облака [66].

Наблюдения за количеством, формой и высотой облаков на метеорологических станциях производятся в основном визуально, а инструментальными методами – преимущественно на авиаметеорологических станциях. Степень покрытия облаками оценивается по десятибалльной шкале, при этом различают три состояния неба: ясное (0–2 балла), полужасное (3–7 баллов), пасмурное (8–10 баллов). При наблюдениях определяется как общее количество облаков всех ярусов, покрывающих весь видимый небосвод (общая облачность), так и количество облаков только нижнего яруса. Формы облаков определяются в соответствии с международной классификацией. Выделяются облака верхнего, среднего и нижнего ярусов и облака вертикального развития (всего 10 форм). К общей облачности относятся облака всех ярусов, к нижней – облака вертикального развития и облака нижнего яруса.

Облачность является метеорологическим элементом, многолетние ряды которого отличались нарушением однородности методического характера в связи с переходом от 4-срочных наблюдений к 8-срочным: смещением сроков и переходу от среднего местного к среднему московскому времени наблюдений [21, 35]. Видимо, по этой причине в монографии «Климат Новосибирска» [1] облачность рассматривалась только по станции Новосибирск, Бугры с 1936 по 1957 г., а не по 1975 г., как это принималось для других элементов климата. Впоследствии в Научно-прикладном справочнике [35] ряды Новосибирск, Бугры и Огурцово по характеристикам облачности были объединены в один ряд, хотя видно, что данные числа дней по нижней облачности выделяются своей диспропорцией – ясные завышены, а пасмурные занижены относительно станций Новосибирской области. При рассмотрении многолетней динамики характеристик облачности с 1966 по 2007 г. по станциям Новосибирска (станции Огурцово, Учебная, Обская ГМО), в частности, ряд числа ясных дней по нижней облачности на ст. Огурцово также вызвал сомнение в однородности, существенно отличаясь от станций завышенными значениями в первой половине периода (рис. 42). В связи с этим анализ режима облачности в Новосибирске выполнен по данным за 1985–2013 гг.

Количество и характер облачности в течение года изменяются в соответствии с сезонным ходом циркуляционных процессов, определяющих направление движения воздушных масс и их влагосодержание. Минимум облачности отмечается обычно

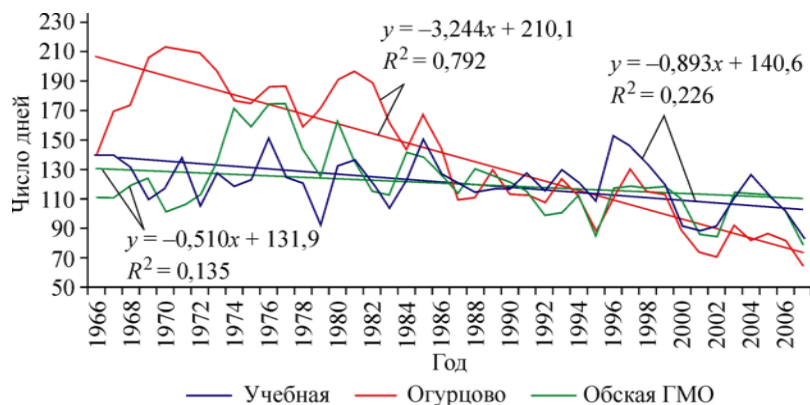


Рис. 42. Число ясных дней по нижней облачности

в центре антициклонов, максимум – в центре циклонов и их передней части.

Наибольшее количество общей облачности отмечается в октябре–ноябре (до 8 баллов), наименьшее – в марте и июле (5,5–6,5 балла) (табл. 56). Максимум нижней облачности также приходится на октябрь–ноябрь (5,0–5,5 балла), минимум – на январь–февраль (2,4–2,9 балла). Объясняется это тем, что конец осени и начало зимы характеризуются преобладанием циклонической деятельности, во второй половине зимы доминирует антициклоническая погода. Средний балл общей облачности за год составляет 6,1–7,1, нижней – 3,7–3,9. Для сравнения,

Т а б л и ц а 56

Средняя месячная и годовая общая (1-я строка) и нижняя (2-я строка) облачность, баллы

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ст. Огурцово												
7,6	6,9	6,5	6,6	6,8	6,9	6,7	6,8	7,1	7,2	7,9	8,0	7,1
3,1	2,7	2,7	3,4	3,6	4,1	3,9	4,0	4,5	5,1	5,3	4,4	3,9
ст. Обская ГМО												
6,5	6,0	5,7	6,0	5,9	6,0	5,9	6,0	6,5	7,2	7,5	7,2	6,1
2,9	2,7	2,9	3,6	3,6	4,0	3,7	4,0	4,6	5,3	5,5	4,1	3,9
ст. Учебная												
6,5	5,9	5,5	5,9	5,8	5,9	5,7	5,9	6,5	7,2	7,5	7,2	6,3
2,9	2,4	2,5	3,3	3,5	3,8	3,6	3,9	4,6	5,1	5,0	3,9	3,7

в Казани средний балл нижней облачности равен 4,5 [17], в Санкт-Петербурге – 5,5 балла [21]. Эти показатели подтверждают рост континентальности климата с запада на восток.

В Новосибирске не подтверждается закономерность увеличения облачности над городом в сравнении с пригородными районами [21]. Загородная ст. Огурцово неизменно показывает более высокую степень общей облачности (на 1 балл) по сравнению с городской станцией Учебная. По нижней облачности превышение незначительное (0,1–0,5 балла).

По общей облачности в течение всего года повторяемость ясного неба мала и варьирует в пределах 4–9 % (рис. 43). В теплое время года полужасное небо наблюдается несколько чаще, нежели пасмурное. Однако к концу осени и в начале зимы пасмурное состояние неба занимает позицию преобладающего (до 60 %).

По нижней облачности очевидно преобладание полужасного неба, достигающее 60–70 %. На долю ясной и малооблачной погоды приходится от 20 % летом до 40 % зимой и незначительная повторяемость неба полностью закрытого облаками.

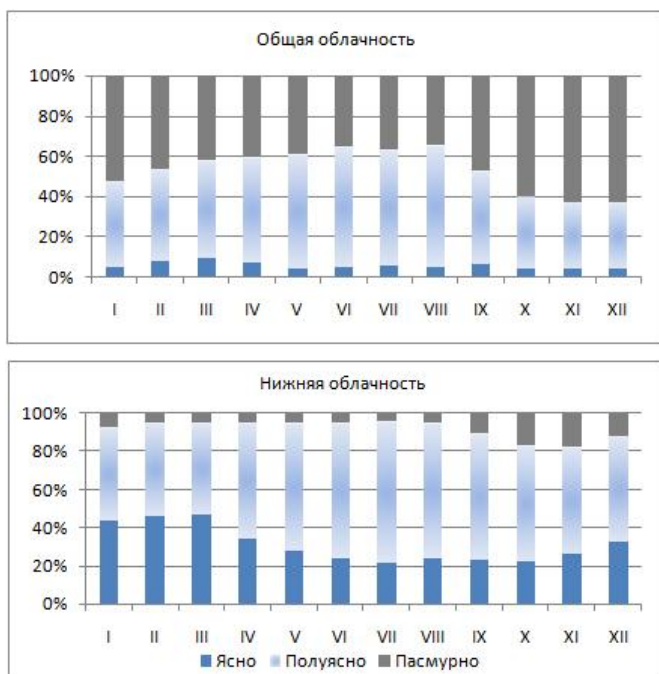


Рис. 43. Вероятность ясного, полужасного и пасмурного состояния неба

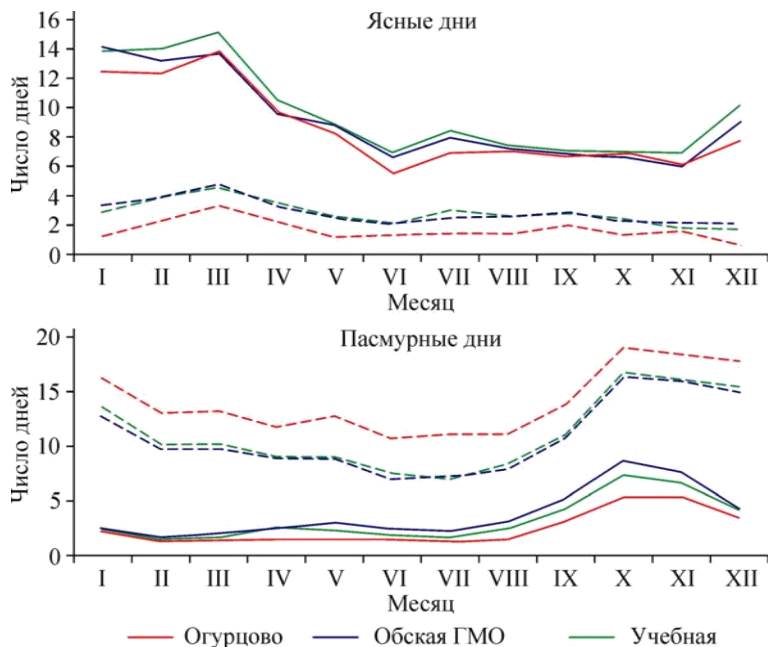


Рис. 44. Число дней с ясной и пасмурной погодой по общей облачности (штриховые линии) и нижней облачности (сплошные)

Как следует из рис. 44 и табл. 57, по общей облачности во все месяцы отмечается 1–3 ясных дня, в марте – увеличивается до 5 дней. В отдельные годы их число может достигать от 4 до 11. По нижней облачности зимой ясная и малооблачная погода устанавливается в среднем на 9–15 дней, но иногда может длиться почти 3 недели или весь месяц.

Режим пасмурных дней сводится к следующему. По общей облачности частота пасмурной погоды резко увеличивается в октябре–ноябре, достигая 16–18 дней, в остальной период года небо закрыто облаками 12–15 дней. Пасмурные дни по нижней облачности отмечаются от 3 до 8 дней в году с максимумом в октябре.

С октября по январь пасмурно может быть почти весь месяц, а в феврале в условиях преобладания антициклональной погоды наибольшее число пасмурных дней уступает смежным месяцам и составляет 19 дней. Годовой ход максимума пасмурной погоды по нижней облачности аналогичен: больше всего дней без солнца в конце осени и начале зимы (17–19), летом несколько реже – 7–12 дней.

Т а б л и ц а 57

Наибольшее число дней по общей (1-я строка) и нижней (2-я строка) облачности

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ясные дни (0–2 балла)												
ст. Огурцово												
4	5	8	11	4	6	6	6	8	8	6	3	35
23	25	23	21	16	12	14	13	14	17	13	15	168
ст. Учебная												
11	9	11	12	8	6	8	8	9	9	7	6	50
27	25	26	20	14	14	16	12	17	17	14	18	153
Пасмурные дни (8–10 баллов)												
ст. Огурцово												
28	19	21	18	17	18	20	22	21	27	27	25	205
15	11	8	9	5	8	8	6	14	17	18	18	88
ст. Учебная												
22	17	16	16	14	13	14	17	20	24	23	25	159
11	6	5	8	6	7	6	8	13	16	17	12	66

В сумме за год по общей облачности насчитывается 170 пасмурных и 22 ясных дня, по нижней облачности соотношение обратное – соответственно ясных 168 и пасмурных 49 дней (табл. 58). В 2007 г., одном из самых теплых лет за 114 лет, и следующем 2008-м зафиксировано самое малое число ясных дней по нижней облачности (66 дней). В рекордно теплом 2002 г. отмечено максимальное количество пасмурных дней по общей облачности (205). Этим отличаются мягкие зимы, обусловленные преобладанием циклонической погоды в регионе.

Т а б л и ц а 58

Среднее (n), наибольшее ($n_{\max}$) и наименьшее ($n_{\min}$) число дней с облачностью за год, ст. Огурцово

Ясные дни						Пасмурные дни					
Общая облачность			Нижняя облачность			Общая облачность			Нижняя облачность		
n	$n_{\max}$	$n_{\min}$	n	$n_{\max}$	$n_{\min}$	n	$n_{\max}$	$n_{\min}$	n	$n_{\max}$	$n_{\min}$
22	35	7	106	168	66	170	205	137	49	88	7
	1997	2008		1985	2007 2008		2002	1993		2002	1985

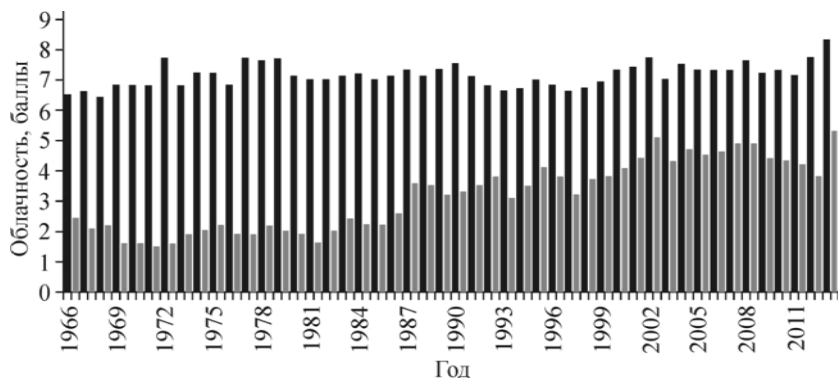


Рис. 45. Многолетние изменения количества общей и нижней облачности.

Меньшие значения баллов относятся к нижней облачности

Минимум ясных дней по общей облачности (7 дней) отмечен в 2008 г. Столько же дней была и пасмурная погода по нижней облачности в 1985 г.

Количество общей облачности за исследуемый период практически не изменилось, количество нижней облачности имеет лишь слабую тенденцию к увеличению (рис. 45).

Число ясных дней в году по нижней облачности сократилось за 27 лет с 130 до 70 дней (рис. 46, табл. 59). Таким образом, повторяемость ясной погоды уменьшалась на 23 дня за 10 лет; достоверность тренда высокая – порядка $p = 0,1$ %. В последние годы в связи с учащением



Рис. 46. Многолетние изменения числа малооблачных (ясных) и пасмурных дней по нижней облачности

**Коэффициент линейного тренда числа ясных дней по нижней
облачности (a), параметр R^2 , критерий Стьюдента (t)**

Пара- метр	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
a , дни/ 10 лет	-0,1	-0,4	-0,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,0	-0,2	-0,3
R^2 , %	1,2	29,2	43,7	5,4	3,5	4,0	30,4	13,5	5,1	3,9	28,6	16,6	57,7
t	0,5	3,2	4,4	1,2	1,0	0,5	3,0	2,0	1,0	1,0	3,2	2,2	15,8

аномально морозных зим формируется тенденция роста повторяемости ясной погоды по нижней облачности. Этот процесс особенно проявляется в холодный период, за исключением января. Летом ясных дней стало заметно меньше в июле.

Увеличение числа пасмурных дней по нижней облачности в период потепления климата является очевидной закономерностью. Выводы согласуются с региональными оценками режима облачности и их изменения в Сибирском регионе, представленными в Оценочном докладе [23].

Глава 15

АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

В практике метеорологических наблюдений атмосферные явления отмечаются обычно визуально: туман, гроза, град, пыльная буря, метель, гололедно-изморозевые образования.

Туман представляет собой скопление в воздухе продуктов конденсации (капелек воды или кристалликов), взвешенных в воздухе в таком количестве, при котором горизонтальная видимость становится менее 1 км [62]. Туманы являются опасными, если видимость ухудшается настолько, что практически исключаются некоторые виды работ на открытом воздухе и нарушается движение транспорта.

В Новосибирске в среднем за год отмечается 21 день с туманом, и по сравнению с данными, представленными в [1], можно констатировать, что погода в Новосибирске стала менее «туманной» вследствие уменьшения количества туманов на 4–6 дней. В отдельные годы возможны отклонения от среднего значения в пределах 14–20 дней (табл. 60). Например, в 1966 г. наблюдался 41 «туманный» день, в 1989 г. таких дней было всего 7. Годовой ход туманов выражен слабо: от 0,4–0,7 дня в мае–июне до 3 в марте, августе и сентябре. Средняя продолжительность туманов в течение года варьирует в пределах 1–12 ч, наиболее длительные из них характерны для января, марта и сентября. Средняя суммарная годовая длительность составляет 81 ч, максимальная суммарная продолжительность (290 ч) отмечена в 1966 г., минимальная – всего 35 ч – в 1971 г. В течение года максимальная суммарная длительность явления изменяется в пределах 9–11 ч в мае–июне до 106–123 ч – в январе–декабре, минимальная не превышает 1 ч.

Экстремальные значения суммарной длительности туманов не превосходят значений аналогичных характеристик, представленных в монографии «Климат Новосибирска» [1].

Общее представление о характере изменений режима туманов во второй половине XX и начале XXI в. дают временные ряды числа дней и суммарной длительности туманов. Их многолетняя динамика

Климатические характеристики туманов за период 1966–2007 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее многолетнее число дней												
2	2	3	1	0,4	0,7	2	3	3	2	0,9	1	21
Наибольшее число дней												
8	9	6	4	3	4	7	13	7	7	6	11	41
1966	1969	1966	1966	1968	1993	2009	2009	1974	1967	1973	1966	1966
1969		1980										
Средняя продолжительность, ч												
10	8	10	4	0,9	2	6	9	12	7	4	8	81
Максимальная суммарная продолжительность, ч												
106	63	33	22	9	11	31	29	56	24	24	123	290
1969	1969	1980	1972	1968	1993	2005	2009	1973	2005	1973	1966	1966

характеризуется большой временной изменчивостью и наличием статистически значимого линейного тренда (параметр t числа дней с явлением равен 2,9 и продолжительности – 4,6). В среднем число туманов сократилось на 1,9 дня, а длительность – на 19,2 ч за 10 лет (рис. 47). В сравнении с данными, представленными в [1], среднее за год число дней с туманом за период 1966–2013 гг.

сократилось с 26 до 21, суммарная продолжительность – с 127 до 81 ч.

В холодный период года среднее и наибольшее число дней с туманом в городе и пригороде практически одинаково, в теплый -

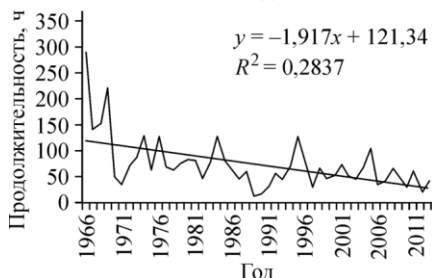
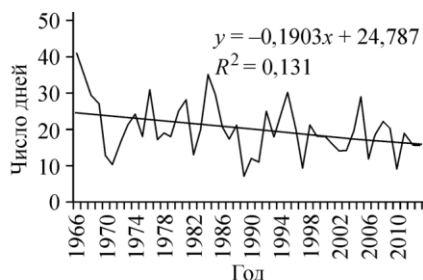


Рис. 47. Временные ряды числа дней и суммарной продолжительности туманов, а также их тренды за период 1966–2013 гг.

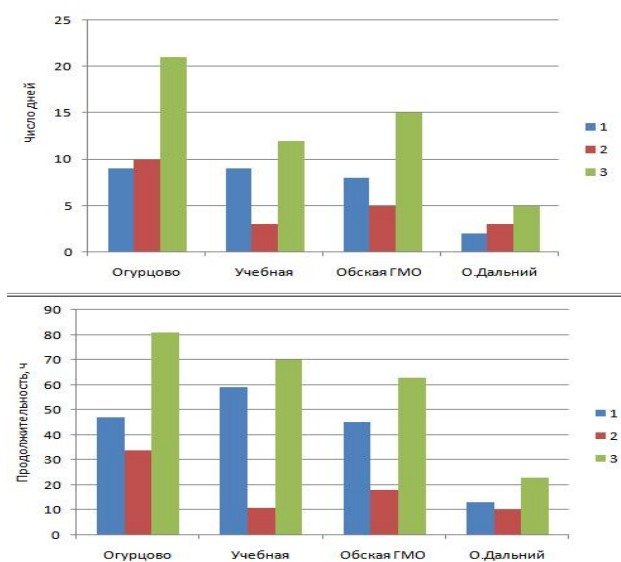


Рис. 48. Среднее число дней и продолжительность туманов за холодный (1), теплый (2) периоды и год (3), 1966–2007 гг.

за городом наблюдаются несколько чаще, нежели в городской черте (см. Прил. 8). Средняя суммарная продолжительность «городских» туманов в холодную половину года в среднем на 15 ч больше, чем в окрестности города (рис. 48, Прил. 9).

Грозы – атмосферное явление, при котором возникает искровой разряд (молния), сопровождающийся громом. Обычно грозам сопутствует сильный шквалистый ветер, иногда – град. В среднем за год в Новосибирске наблюдается 26 дней с грозой, в отдельные годы это число колеблется от 14 до 40 (табл. 61). Годовой максимум числа дней с грозой (40 дней) на 4 дня меньше представленного в [1].

Грозы типичны в основном для теплого периода – с мая по сентябрь, редки в апреле и эпизодичны в октябре и ноябре. Суммарная продолжительность гроз за год составляет 39 ч, максимум наблюдался в 2005 г. и составил 79 ч. Наиболее длительные грозы характерны для июня–августа, в эти месяцы суммарная их продолжительность может достигать 23–47 ч. Средняя продолжительность грозы в день с грозой составляет 1,5 ч.

В многолетней динамике числа дней с грозой и суммарной их длительности статистически достоверный положительный тренд присутствует как в изменении числа дней, так и суммарной длительности, что подтверждается критерием Стьюдента (соответственно $t = 3,0$ и $5,5$). Среднее число дней с грозой

Климатические характеристики гроз, 1966–2007 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее многолетнее число дней												
–	–	–	0,4	2	7	10	6	1	0,05	0,02	–	26
Максимальное число дней												
–	–	–	2	6	13	19	14	5	1	1	–	40
–	–	–	2011	1989	1967	2005	1967	2005	2008	1999	–	1967
Средняя продолжительность, ч												
–	–	–	0,3	2,2	10,2	16,8	8,5	1,2	0,05	0,00	–	39,3
Наибольшая продолжительность, ч												
–	–	–	3	9	32	47	23	7	1	0	–	79
–	–	–	1990	1990	2002	2005	1990	1992	1998	1999	–	2005

увеличивалось в среднем на 2,1 дня, суммарная продолжительность гроз возрастала на 8,4 ч за каждые 10 лет (рис. 49).

Обращает на себя внимание, что среднее годовое число дней (за период 1936–1975 гг.) с грозой по [1] и за период 1966–2013 гг. (см. табл. 61) практически не изменилось и составляет 26 дней, а суммарная продолжительность уменьшилась на 8 ч. Данный вывод, на первый взгляд, противоречит наличию статистически значимого положительного тренда в многолетнем изменении характеристик гроз за период 1966–2013 гг. Вместе с тем исследование межгодового хода числа дней с грозой за 1936–1975 гг. указывает на присутствие отрицательного тренда, т.е. на уменьшение числа гроз со скоростью изменения около 3 дней за 10 лет (рис. 50, а).

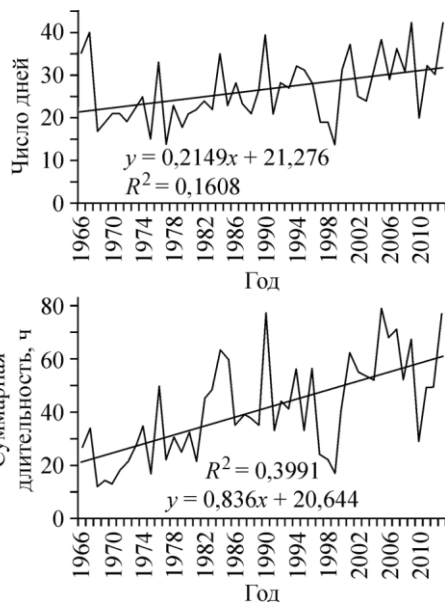


Рис. 49. Временной ход числа дней и суммарной продолжительности гроз за период 1966–2013 гг.

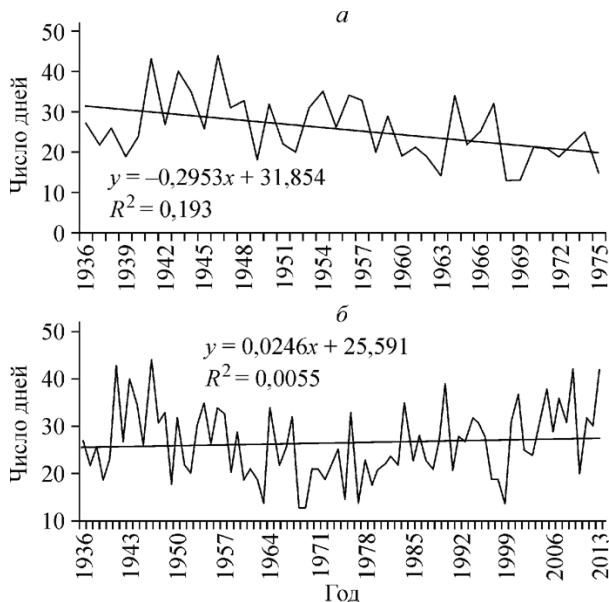


Рис. 50. Временной ход числа дней с грозой за периоды 1936–1975 гг. (а) и 1936–2013 гг. (б)

Нисходящая ветвь временного хода числа дней с грозой с 1936 по 1975 год и восходящая с 1975 по 2013 год (рис. 50, б) как бы зеркально отображают друг друга, что и выразилось в равенстве числа дней.

В городе грозы отмечаются реже, чем в пригороде, в среднем на 6–9 случаев, соответственно, и средняя суммарная их длительность на 20 ч меньше (см. Прил. 8, 9).

Град – частички плотного льда различных, иногда очень крупных, размеров, выпадает преимущественно в теплую половину года из кучево-дождевых облаков и сопровождается обычно грозами и ливневыми осадками, нередко шквалистым ветром.

В Новосибирске в среднем за год отмечается два дня с градом (табл. 62). Возможны годы, когда град в городе не выпадает вообще, в то же время в отдельные годы отмечается до 6–7 дней. Град – явление кратковременное, проявляется в основном после полудня между 15 и 18 часами. Градины порой достигают размеров от мелких грецких орехов, очень редко до куриного яйца. Град диаметром 20 мм и более относится к опасным явлениям погоды.

Режим града в городе и пригороде практически одинаков с незначительным преобладанием частоты проявления в Огурцово (см. Прил. 8).

Характеристики града, 1966–2007 гг.

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее многолетнее число дней												
–	–	–	0,1	0,4	0,4	0,3	1	0,1	–	–	–	2
Максимальное число дней												
–	–	–	1	3	2	2	2	2	–	–	–	7
–	–	–	1987	2009	1996	2004	1995	2001	–	–	–	1971

Пыльная буря – перенос большого количества густой пыли, песка, земли сильным ветром при засушливой погоде. При бурях относительная влажность воздуха понижается до 50% и менее, а видимость уменьшается иногда до 50–100 м. Пыльные бури наблюдаются обычно в теплое полугодие, но в редких случаях возможны и зимой. В Новосибирске, например, они за последние 40 лет дважды наблюдались в январе и декабре и три раза – в ноябре (табл. 63). Наиболее «пыльным» был 1968 г., в течение мая–июля отмечено 11 дней с этим явлением. Продолжительность пыльных бурь в большинстве случаев не превышает одного часа.

Пыльные бури возникают как при антициклонической, так и при циклонической циркуляции [67, 68], но бури, охватывающие значительные площади, возникают обычно на периферии антициклонов в зоне сильных ветров. Термическая турбулентность и вертикальная неустойчивость атмосферы до больших высот также способствуют их образованию. Среднее число дней с пыльной бурей в городе и пригороде отличается незначительно (см. Прил. 8). Отметим, что в мае и июне на станциях Огурцово и Учебная пыльные бури возникали чаще,

Характеристики пыльных бурь, 1966–2007 гг.

Месяц													Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Среднее многолетнее число дней													
0,05	–	–	–	0,3	0,3	0,1	–	0,1	–	0,1	0,05	1	
Максимальное число дней													
2	–	–	–	3	5	3	–	1	–	3	2	12	
1970	–	–	–	1968	1968	1968	–	2010	–	1969	1967	1968	
Средняя продолжительность, ч													
0,5	–	–	–	0,7	0,5	0,0	–	0,02	–	0,6	0,2	2,5	

чем в Обской гидрометеорологической обсерватории (ГМО). Возможно, что в это время распаханное поле вокруг Огурцово еще недостаточно покрыто всходами, а в городе не убраны улицы после весеннего снеготаяния и открыты многочисленные стройки.

Метель – это перенос снега ветром со скоростью 6 м/с и более над поверхностью земли. Метели считаются одним из наиболее опасных явлений погоды, прежде всего, для всех видов транспорта. Они образуют заносы на дорогах, ухудшают видимость, приводят к снижению скорости движения автотранспорта и пропускной способности дорог, нарушают работу железнодорожных станций, узлов и даже целых направлений движения.

В Новосибирске в среднем за год отмечается 36 дней с метелью (табл. 64). Максимальное их число (81 день) наблюдалось за зимний сезон 1972/73 г., а минимальное – всего 2 дня в сезоне 2004/2005 г. Период с ноября по март в Новосибирске является наиболее «метелевым», хотя в отдельные годы метели наблюдаются в октябре и апреле и еще реже в сентябре и мае. Наибольшее число дней с этим явлением приходится на декабрь. Так, в декабре 1972 г. было 25 дней с метелью, в то же время в декабре 2000, 2003 и 2005 гг. не было ни одного дня.

Общая продолжительность метелей за год составляет в среднем 294 ч, и по сравнению с продолжительностью, представленной в книге «Климат Новосибирска», она сократилась в 1,5 раза. Средняя продолжительность метелей в день с метелью также уменьшилась на 1 ч и равна 8,2 ч. Максимальная суммарная продолжительность метелей за год достигает 827 ч (1972 г.).

Т а б л и ц а 64

Характеристики метелей, 1966–2007 гг.

Месяц									Год
IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Среднее многолетнее число дней									36
0,02	2	6	8	8	6	5	1	0,2	
Максимальное число дней									81
1	11	20	25	23	20	14	13	4	
1968	1976	1968	1972	1971	1972	1977	1984	1969	1972–1973
Средняя продолжительность, ч									294
0,1	11	53	62	70	57	33	7	1	
Наибольшая продолжительность, ч									827
4	127	238	302	251	386	152	93	18	
1969	1977	1969	1973	1971	1972	1977	1984	1969	1971–1972

Повторяемость направлений ветра при метелях

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	–	1,4	1,4	9,6	38,4	41,1	5,5	2,7

Наиболее продолжительные метели наблюдались в феврале 1972 г. Минимальная суммарная длительность в большинстве месяцев холодного периода не превышает 1 ч, изредка достигает 4 ч, например, в марте 1977 г.

Чаще всего (около 80 % случаев) метели сопровождаются южными и юго-западными ветрами (табл. 65).

Многолетняя динамика числа дней с метелью (t_1) и суммарной продолжительности (t_2) характеризуется наличием статистически достоверного отрицательного тренда ($t_1 = 11,5$, $t_2 = 10,3$). Скорость уменьшения числа дней составляет 15,2 дня за 10 лет, продолжительности – 148 ч (рис. 51).

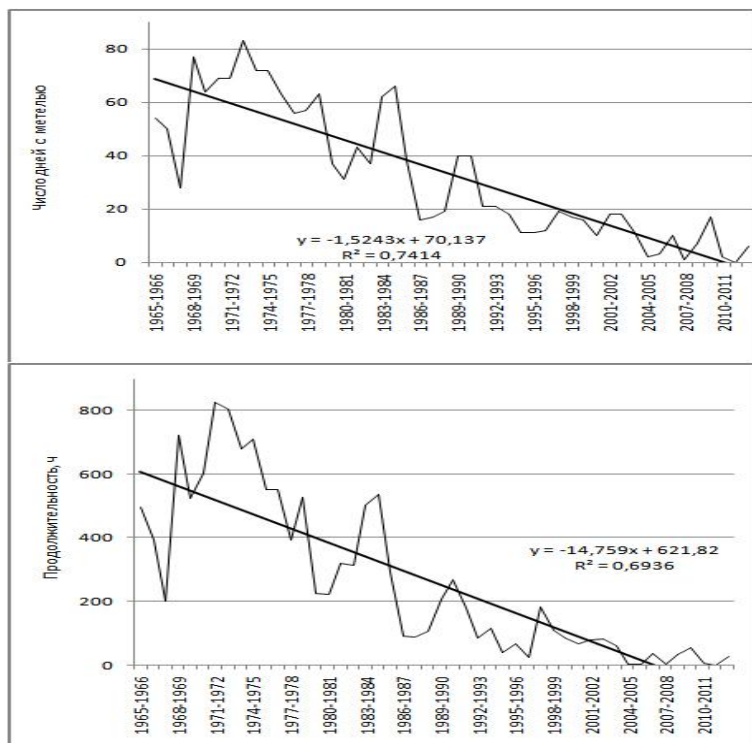


Рис. 51. Изменение числа дней с метелью и суммарной продолжительности за период 1966–2013 гг.

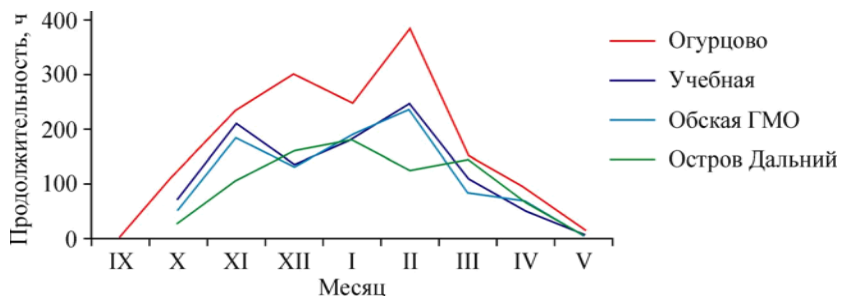


Рис. 52. Наибольшая суммарная продолжительность метелей

Коэффициент линейного тренда числа дней с метелью и их продолжительности указывают на существенное сокращение обеих характеристик к концу XX и начало XXI в., что обусловлено сокращением повторяемости скорости ветра 6 м/с и более. Как отмечено в работе [55], в большинстве районов России повторяемость градации 6–7 м/с и более повсеместно уменьшилась.

Метели в городе зимой в среднем за месяц наблюдаются на 2–4 дня реже, чем в пригороде, вследствие ослабления скорости ветра (см. Прил. 8, 9). Весной и осенью различия в повторяемости метелей практически отсутствуют. Наибольшее число дней с метелью в январе–феврале в черте города и его окрестности составляет соответственно 18 и 23 дня и лишь в декабре в Огурцово метели отмечались на 10 дней больше, чем в городе (ст. Учебная). При этом и в городе, и в пригороде наибольшее число метелей приходилось на один и тот же год. Годовой ход максимальной продолжительности метелей свидетельствует о практически идентичной длительности на городской станции Учебная и пригородной – Обская ГМО (рис. 52).

В Огурцово длительность метелей во все месяцы больше, чем на первых двух станциях, и особенно в декабре–феврале. По-видимому, ст. Обская ГМО по своему местоположению в настоящее время более полно отражает режим городской застройки, чем ст. Огурцово, расположенная на открытом со всех сторон месте.

Гололедно-изморозевые явления в зависимости от плотности представляют собой прозрачное или матовое отложение льда, образующееся при замерзании капель переохлажденного дождя или мороси, снега с дождем. При гололеде отложения льда образуются на ветвях деревьев, на проводах и опорах линий связи и электропередач, на поверхности дорог и сооружений. Гололедообразование начинается чаще всего при температуре воздуха от 0 до -6°C , реже – при более низких температурах ($-10\dots-12^{\circ}\text{C}$). Изморозь в отличие от гололеда

характеризуется меньшей плотностью и большей шероховатостью. Ее образование связано с замерзанием на сухой поверхности осаждающихся мелких капель тумана. Зернистая изморозь образуется чаще всего при температуре воздуха от -1 до -10 °С. Кристаллическая изморозь наблюдается зимой в тихую малооблачную погоду при высокой влажности и низкой температуре воздуха (от -10 до -30 °С) [43].

Гололедно-изморозевые отложения – явление в Новосибирске ежегодное. Образование гололеда возможно с сентября по май, но чаще всего в ноябре–декабре (табл. 66). В течение зимы отмечается от 1 до 6 дней с гололедом, максимум составил 9 дней в 1996/97 г. В более ранние годы – зимой 1951/52 г. максимум числа дней с гололедом достиг 15 [1].

Продолжительный по времени гололед отмечался на ст. Огурцово 29–30 октября 1981 г. Выпадение жидких осадков при отрицательной температуре воздуха у поверхности земли привело к появлению гололеда и нарастанию его в течение 11 ч. Гололед опасного критерия (диаметр 20 мм) не достиг, но он был продолжительным – 34 ч. Кроме гололедных отложений, жители города были свидетелями очень сильной гололедицы на дорогах и тротуарах, которая нанесла значительный ущерб транспортным организациям Новосибирска. На многих автопредприятиях и троллейбусных депо из-за обледенения территорий не был обеспечен выход на линию подвижного состава, и жители города вынуждены были добираться на работу (или в другие места города) пешком, рискуя упасть, так как дороги превратились в сплошной каток.

Перед началом образования гололедицы в районе Новосибирска температура воздуха была отрицательной, наблюдалась сплошная кучево-дождевая и слоисто-кучевая облачность с постепенным понижением высоты нижней ее границы до 150–230 м, которая затем

Т а б л и ц а 66

Характеристики гололеда, 1966–2007 гг.

Месяц									Год
IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Среднее число дней									3
0,02	0,4	1	0,7	0,3	0,05	0,3	0,2	0,1	
Максимальное число дней									9
1	2	6	3	5	2	2	1	2	
2000	2000	1996	1999	1972	1990	2001	2007	1993	1996–1997

Характеристики изморози за период 1966–2013 гг.

Месяц									Год
IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Среднее число дней									36
–	0,4	4	8	8	8	7	0,6	–	
Максимальное число дней									75
–	3	10	24	21	15	15	4	–	
–	1976	1989	1996	2004	1985	1988	1966	–	1966–1967

перешла в стадию слоисто-дождевых форм. Начали выпадать осадки в виде мокрого снега, переохлажденного дождя и мороси. Жидкие капли, проходя через толщу выхоложенного воздуха, ударялись о холодную поверхность почвы, дорог, тротуаров и моментально замерзали, образуя на подстилающей поверхности стекловидную ледяную корку с гладкой поверхностью. Выпадение жидких осадков при отрицательной температуре воздуха у поверхности земли и образование гололедицы было связано с изменением характера стратификации температуры воздуха в нижнем слое атмосферы. К моменту образования гололедных явлений температура воздуха в слое 0,6 – 1,0 км оказалась положительной (до 1–2 °С), а в нижележащем слое сохранялся клин выхоложенного воздуха.

Сибирскими метеорологами были тщательно проанализированы синоптические условия образования гололедицы и выработан ряд правил, которые позволяют повысить качество прогнозов погоды и предупреждения о возникновении опасных и особо опасных гидрометеорологических явлений [69].

Изморозь наблюдается главным образом с ноября по март и намного чаще, чем гололед (табл. 67).

В зимние месяцы (декабрь–февраль) в среднем за месяц может быть до 8 дней с изморозью, за год – 36. В холодный период 1966/67 г. максимальное число дней с изморозью достигло 75, максимум, отмеченный в [1], составил 80 дней.

Глава 16

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ

Календарные сезоны – весна, лето, осень, зима по длительности и датам начала и конца не совпадают с климатическими и фенологическими. В ряде работ [1, 17] рекомендуется в качестве критериев климатических сезонов использовать комплекс термических показателей (даты устойчивого перехода средней суточной температуры через определенные границы, даты наступления и окончания заморозков), а также изменения характера подстилающей поверхности (появление и сход снежного покрова). Учитывая значительный разброс в датах границ сезонов по разным критериям, желательно один из них считать основным, а остальные – сопутствующими. Для практических целей в качестве основных наиболее удобно применять даты устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через определенные значения. Характеристики сезонов рассмотрены за период 1966–2013 гг.

Весна. За начало весны условно принята дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через -5°C в сторону повышения (23 марта). Примерно через 3 недели (12 апреля) начинается разрушение устойчивого снежного покрова. За дату окончания весны принята дата перехода температуры через плюс 15°C (1 июня). Незадолго до этой даты (26 мая) прекращаются заморозки на поверхности почвы. Средняя продолжительность весны 69 дней. В отдельные годы возможны значительные смещения во времени наступления и окончания весны. Весной возрастает приток солнечной радиации из-за увеличения высоты солнца над горизонтом, продолжительности дня и уменьшения облачности.

Весна в Новосибирске характеризуется обилием света. Продолжительность солнечного сияния в апреле составляет в среднем 215 ч, в мае – 269 ч. Отношение продолжительности фактического солнечного сияния к возможной, т.е. при условии ясного неба, составляет 51–54 %, число дней без солнца весной – 1–3 дня.

Характерной особенностью климата юго-востока Западной Сибири в весенний период является неустойчивость погоды.

Наиболее резкая смена погоды наблюдается чаще в мае. Весной отмечается значительный рост средней месячной температуры воздуха от марта к апрелю (10,6 °С) и от апреля к маю (8,7 °С). Средняя температура весны 6,8 °С. По температурному режиму весны бывают холодными и теплыми. Самая холодная весна была в 1984 г. (3 °С), а самая теплая – в 1997 г. (10,8 °С). В отдельные годы в апреле минимальная температура может опускаться до –29,1 °С (1969 г.), а максимальная повышаться до 30,7 °С (1972 г.), при средней месячной температуре 2,4 °С. Для мая соответствующие характеристики следующие: минимум –8,4 °С (1969 г.), максимум 36,1 °С (2004 г.) и средняя месячная температура 10,7 °С. Весной с повышением температуры воздуха уже с начала второй декады апреля происходит разрушение устойчивого снежного покрова, но в разные годы даты разрушения сдвигаются примерно на 20 дней в ту или другую сторону. Самая ранняя дата разрушения – 25 марта 1970 г., самая поздняя – 5 мая 1969 г. Полный сход снежного покрова происходит в среднем через полмесяца после начала его разрушения (27 апреля). В 1995 г. снег сошел 4 апреля, а в 1991 и 2009 гг. снежный покров сохранялся до 22 мая.

С наступлением весны парциальное давление водяного пара, зависящее от температуры воздуха, в апреле относительно марта увеличивается почти в 2 раза и составляет в среднем 5 гПа, продолжая расти, и в мае достигает 7,3 гПа. Так как самой теплой была весна 1997 года, это отразилось и на абсолютном максимуме парциального давления водяного пара в апреле 1997 г. (16,4 гПа), в мае 2010 г. экстремум составил 21,1 гПа. Абсолютный минимум отмечен весной 1969 г. – 0,5 гПа (апрель) и 0,6 гПа (май). Относительная влажность с повышением температуры воздуха в течение марта – мая уменьшается примерно на 10% ежемесячно. Среднее значение относительной влажности воздуха в марте 76 %, апреле – 67 % и в мае – 57 %.

Особый интерес для практики представляют данные о сухих и влажных днях. Данные о количестве сухих дней (относительная влажность воздуха менее 30 %) позволяют судить о засушливости того или иного периода. В апреле в среднем бывает 4 сухих дня, в мае 14 дней. В отдельные годы количество сухих дней в апреле возрастает до 15, в мае – до 24. В целом за весну в среднем бывает 18 сухих дней, максимум 39 дней. Характеристикой влажных дней служит относительная влажность ≥ 80 %. Среднее число таких дней в апреле 5, в мае – 2 дня. За весну в отдельные годы может набраться 19 таких дней (в апреле 12, в мае 7).

Весенние осадки составляют 13,8 % от годового их количества. В апреле выпадает в среднем 24 мм осадков, в мае – 35 мм.

В отдельные годы сумма выпавших осадков значительно отличается от средних значений. Так, в апреле 1985 г. выпало 56,8 мм, а в мае 2000 г. 70,2 мм. Существенный недобор осадков в апреле (5,6 мм) зафиксирован в 2012 г., а в мае 1999 г. минимум осадков составил 2,1 мм. В апреле–мае возможны 10–11 дней с осадками, количество их может значительно изменяться от года к году. Среднее максимальное суточное количество осадков в апреле 7,2 мм, в мае 11,7 мм. Наблюденный суточный максимум в апреле 2010 г. 29,5 мм перекрыл максимум в 15,4 мм, наблюдаемый 11 апреля 1978 г. Для мая суточный максимум равен 37,7 мм (6 мая 1986 г.). В весенние месяцы осадки выпадают трех видов: твердые, жидкие и смешанные. Если в апреле твердые и жидкие осадки имеют примерно равную повторяемость (36–41 %), то в мае это соотношение 1 и 79 %. Смешанных осадков в апреле 23 %, в мае их в два раза меньше. В апреле среднее число дней с осадками разного вида равно 5–9, в мае жидкие осадки наблюдаются в течение 15 дней, остальные – по 2 дня в месяц. Максимальное число дней с осадками разного вида в апреле 14–18, в мае жидкие осадки могут отмечаться в течение 26 дней, остальные – 7–10 дней. В целом за весну жидкие осадки наблюдаются 24 дня (максимум 39 дней), твердые – 10 дней смешанные – 7 дней. Максимальное число дней с твердыми и смешанными осадками соответственно 24 и 20 дней.

Весной преобладают ветры южного направления с повторяемостью 24–27 %, юго-западные и западные ветры имеют повторяемость по 15–18 %, остальные направления – в пределах 10 %. В мае увеличивается повторяемость северных ветров до 14 %. Средняя скорость ветра в Новосибирске в апреле и мае составляет 3,4 м/с.

Атмосферное давление имеет хорошо выраженный годовой ход: минимум летом и максимум зимой. Переход от зимы к весне происходит плавно. Среднее давление в апреле равно 1003,5 гПа, в мае – 998,6 гПа. Абсолютный максимум давления весной составил 1037 гПа (апрель 1966 г.), минимум – 965,8 гПа (апрель 1985 г.). Месячная амплитуда экстремальных значений давления весной равна 71–53 гПа.

Наибольшая средняя скорость ветра в отдельные годы может достигать 4,7 м/с в апреле и 4,4 м/с в мае, а наименьшая – 2,5 м/с в апреле и 2,6 м/с в мае. Максимальная скорость ветра, взятая из сроков наблюдения, равная 15–16 м/с, отмечена соответственно в 1998 и 1990 гг., а с учетом порывов она достигла в апреле 2011 г. 28 м/с; в мае 1990 г. – экстремум скорости ветра составил 22 м/с.

Облачность ограничивает приток солнечной радиации днем и уменьшает ночное выхолаживание земной поверхности. В апреле–мае средний балл общей облачности около 7 баллов, нижней – вдвое меньше (3,5 баллов). По общей облачности наблюдается 12–13 пасмурных и 1–2 ясных дней. По нижней облачности соотношение обратное (10–12 ясных дней и примерно 1,5 дня с пасмурной погодой). В целом за весенний сезон по общей облачности в 40 % случаев бывает пасмурно, в 10% - ясно. По нижней облачности треть сезона отмечаются ясные дни и значительно реже – пасмурные (5%). Таким образом, весной преобладает полужасное состояние неба (50% по общей и 65% по нижней облачности).

Метели и туманы в апреле могут происходить ежегодно по одному дню. Суммарная продолжительность метелей 7 ч, туманов 4 ч. Майские грозы ежегодно отмечаются в среднем в течение двух дней с суммарной продолжительностью 2,2 ч. Туманы, пыльные бури, метели и град в мае бывают не ежегодно и суммарная продолжительность каждого явления не превышает 1 ч.

Лето. За начало лета принята дата перехода средней суточной температуры воздуха через 15 °С в сторону повышения (1 июня). Близка к ней дата окончания последнего заморозка (26 мая) и установления безморозного периода на поверхности почвы. Концом лета считается средняя дата перехода средней суточной температуры воздуха через 15 °С в сторону понижения (26 августа); примерно через три недели (14 сентября) отмечается средняя дата первого заморозка на поверхности почвы. Средняя продолжительность лета 86 дней.

Продолжительность солнечного сияния летом составляет 250–304 ч, отношение фактической продолжительности к возможной – 55–60 %. Число дней без солнца в среднем равно 1.

Самым теплым месяцем лета является июль со средней температурой воздуха 19,4 °С. Июнь холоднее июля на 2,2 °С, август – на 3,1 °С. Средняя температура лета составляет 17,5 °С, наиболее холодное лето было в 1972 г. (15,5 °С), самое теплое – в 1998 г. (19,3 °С). Абсолютный максимум за лето (36,6 °С) отмечен в июне 1967 г., в остальные летние месяцы абсолютные максимумы на 1–1,5 °С ниже. Июль – единственный месяц, когда в течение лета отсутствуют отрицательные температуры воздуха. Абсолютный минимум в июне составляет –2,0 °С (2013 г.), в августе –0,4 °С (1975 г.).

В летние месяцы наблюдаются максимальные значения парциального давления водяного пара: средние его значения меняются от 12,4 до 15,5 гПа. Абсолютный максимум за лето отмечался в июне 1973 г. (28,8 гПа), в июле и августе он составил соответственно 27,3 и 28,3 гПа (1998 и 1988 гг.).

Абсолютный минимум находится в пределах от 3,3 гПа (1983 г.) до 5,9 гПа (1988 г.).

Относительная влажность летом от июня к августу увеличивается с 64 до 74%. Наибольшая средняя относительная влажность (82%) наблюдалась в августе 2013 г., наименьшая (53%) – в июне 1981 г. Абсолютный минимум (15%) зафиксирован дважды – в июне 1978 и 2004 гг., в июле и августе абсолютный минимум не превышает 20%.

Показателем засушливости летних месяцев служит число дней с относительной влажностью в один из сроков ≤ 30 %, в июне таких дней в среднем 5, в остальные месяцы по одному дню. В отдельные годы в июне сухой период может длиться полмесяца, в июле–августе – соответственно 10 и 7 дней. Влажные дни (≥ 80 %) отмечаются 2–4 раза в месяц, максимум в июне составляет 6 дней, в августе – 11 дней.

Летние месяцы характеризуются повышенным количеством осадков, они составляют 41,3% от годового количества (443 мм) и распределяются по месяцам следующим образом: июнь – 53 мм, июль – август – 63 мм. От года к году месячные суммы осадков претерпевают значительные колебания. Максимум количества осадков в июне составил 139,8 мм (1996 г.), июле – 153,4 мм (1976 г.), августе – 165,4 мм (2013 г.). Минимальные месячные суммы осадков в июне (13,4 мм) зарегистрированы в 1977 г., 4 мм – июле 2012 г. и 4,8 мм – августе 2003г. В летнее время в среднем ежемесячно бывает по 12 дней с осадками. Суточный максимум осадков служит дополнительной характеристикой интенсивности осадков. Среднее максимальное суточное количество осадков изменяется от 17,5 мм в июне до 21,4 мм в июле и 22,3 мм в августе. Летом нередко отмечаются грозы с ливневыми обильными осадками, и тогда суточный максимум увеличивается в 2–4 раза. Так, 20 июня 1978 г. он составил 35,1 мм, 22 июля 1976 г. достиг 55,2 мм, а 1 августа 1982 г. был установлен рекорд в 94,9 мм.

В июле и августе выпадают только жидкие осадки, в июне на их долю приходится 98%. Твердые и смешанные осадки в июне составляют 2% и наблюдаются они не ежегодно. Максимальное число дней с твердыми осадками не превышает 3, со смешанными не более 1дня. В целом за лето бывает в среднем 45 дождливых дней, но в отдельные годы дождливая погода растягивается на два месяца (64 дня).

Для лета характерно пониженное атмосферное давление, абсолютный максимум в июне и августе равен 1015 гПа, в июле – 1009 гПа. При активном циклогенезе атмосферное давление может понижаться в июне до 971 гПа, июле – до 967 гПа и августе до 973 гПа. Месячная амплитуда экстремальных значений давления летом наименьшая в году и составляет 42–44 гПа.

Летом южные ветры остаются преобладающими, но с более низким уровнем повторяемости (18–23%). Частота северных ветров увеличивается до 16–19 %. Летние средние скорости ветра наименьшие за год: в июне – 2,7 м/с, августе – 2,4 м/с.

Наибольшие средние скорости равны 2,7– 3,3 м/с, а наименьшие – 1,7– 1,9 м/с. Повторяемость штилей летом наибольшая за год и составляет 8-11%. При благоприятных циркуляционных условиях максимальная скорость ветра, отмеченная в срок метеорологических наблюдений, достигает 10–12 м/с, с учетом порывов, как в срок, так и между сроками, скорость может возрастать до 21–23 м/с (1992, 2007 гг.).

Летом в среднем отмечается 6,6 баллов общей облачности, нижней – 3,6-4,1. Пасмурных и ясных дней по сравнению с весной становится меньше, зато увеличивается повторяемость полужасного состояния неба (до 70%). По общей облачности пасмурных дней в среднем насчитывается 11, ясных – не более двух. По нижней облачности ежемесячно бывает по 8–9,5 ясных дней и 1,5 дня пасмурных.

Из летних месяцев самым «грозовым» оказывается июль, каждый третий день месяца бывает с грозой, и суммарная продолжительность явления достигает 16,8 ч. В июне и августе наблюдается соответственно по 7 и 6 дней с грозой с суммарной продолжительностью 10,2 и 8,5 ч. Грозы могут сопровождаться градом ежегодно только в августе, в июне и июле - не каждый год. Пыльные бури непродолжительные и отмечаются не ежегодно. Наибольшее число дней с туманом (3 дня) приходится на август, их суммарная продолжительность составляет 9 ч. В июне туманы бывают в 7 годах из 10 и продолжаются в среднем 2 часа.

Осень. К началу осени относится дата перехода средней суточной температуры воздуха через 15 °С в сторону понижения (26 августа). Спустя примерно 2,5 недели наступают заморозки на поверхности почвы (14 сентября). За окончание осени принята дата перехода средней суточной температуры воздуха через –5 °С (12 ноября) в сторону понижения. К этому времени уже образуется устойчивый снежный покров (3 ноября). Продолжительность осени в среднем составляет 77 дней.

Все ниже и ниже встает солнце над горизонтом. Уменьшается продолжительность солнечного сияния до 100–170 ч. Температура воздуха от месяца к месяцу изменяется более существенно, чем летом: от августа к сентябрю – на 6 °С, от сентября к октябрю – почти на 8 °С. Средняя температура осени равна 6,2°С. Самая холодная осень (2,8 °С) отмечалась в 1976 г., самая теплая (8,3 °С) – в 1997 г.

Абсолютный максимум температуры наблюдался в сентябре 2010 г. (34,1 °С), абсолютный минимум – в октябре 1976 г. (–26,4 °С).

В середине октября (15 октября) появляется снежный покров, в отдельные годы он может образоваться в конце сентября (22 сентября 1998 г.) или в первой декаде ноября (10 ноября 1997 г.). Устойчивый снежный покров в 30% лет устанавливался в третьей декаде октября.

Парциальное давление водяного пара от месяца к месяцу уменьшается примерно на 3 гПа, и среднее его значение в сентябре равно 9,0 гПа с абсолютным максимумом в 1969 г., равным 20,6 гПа. В октябре при среднем значении 5,8 гПа максимум составляет 15,4 гПа (2009 г.), абсолютный минимум – 0,6 гПа (1976 г.). Сентябрьский абсолютный минимум равен 2,6 гПа (1968, 1971 гг.).

С наступлением осени средняя относительная влажность воздуха медленно продолжает расти (до 76 % в октябре). Наибольшая средняя, одинаковая для сентября – октября (84 %), наблюдалась в 1974, 1982, 1992 гг.; наименьшая средняя 62 и 66 % – соответственно в сентябре (1973 г.) и октябре (1997, 2003 гг.). Абсолютный минимум относительной влажности 14 % отмечен в сентябре 1999 г., для октября минимум равен 18 % (1971 и 1997 гг.). В осенние месяцы в среднем наблюдается по 1–2 дня «сухих», когда относительная влажность $\leq 30\%$, в отдельные годы число «сухих дней» увеличивается до 9. Влажных дней в сентябре в среднем в 2,5 раза меньше, чем в октябре. В разные годы влажных дней набирается до полумесяца и более: в сентябре 14 дней, в октябре 19.

Осенние осадки составляют 18,1 % годового их количества, всего за осень в среднем выпадает 80 мм, разница между сентябрьским и октябрьским количеством осадков составляет 3 мм (сентябрь 38 мм, октябрь 41 мм). В отдельные годы отмечаются «дождливые» месяцы с максимальным количеством осадков в сентябре 1996 г. (99,4 мм) и в октябре 1982 г. (84,1 мм) и «сухие» осени, когда был значительный недобор осадков. Так, в сентябре 1971 г. выпало всего 3,1 мм, в октябре 1980 г. – 14,0 мм. В сентябре число дней с осадками еще на уровне лета – в среднем 11,2 дня, в октябре число дождливых дней увеличивается до 13,9. Средний суточный максимум осенних осадков отмечается в пределах 11 мм, сентябрьский максимум чуть больше октябрьского. Абсолютный суточный максимум осадков в сентябре достигает 46,9 мм (15 сентября 1996 г.), что в два раза выше октябрьского – 21,3 мм (12 октября 1997 г.).

Осенью возможны осадки трех видов: твердые, жидкие и смешанные, соотношение между ними по месяцам разное.

Если в сентябре жидкие осадки составляют 89 %, повторяемость остальных почти одинакова, то в октябре доля жидких осадков уменьшается вдвое (46 %), а твердых и смешанных значительно увеличивается соответственно до 33 и 21 %. В сентябре дождь может отмечаться в течение 15 дней, по одному дню со снегом и снегом с дождем. В октябре с понижением температуры воздуха чаще выпадают твердые (9 дней) и смешанные (6 дней) осадки. Причем число дней с дождем изменилось незначительно (13 дней). В сентябре дождливыми могут быть 25 дней, в октябре – 21 день. Максимальное число дней в октябре со снегом 18, с мокрым снегом – 14 дней. В сентябре твердые и смешанные осадки могут отмечаться максимум 4–5 дней.

В целом за осень бывает 28 дней с дождем, в дождливую осень эта цифра увеличивается до 44. С твердыми осадками осенью насчитывается 10 дней, смешанными – 7. Максимальное число дней с осадками такого вида в 2 раза выше среднего – соответственно 20 и 17 дней.

Ветровой режим осенью характеризуется преобладанием южных, юго-западных и западных ветров, их общая повторяемость в сентябре составляет 60 %, в октябре – 73 %. Осенние штили по сравнению с летом наблюдаются в 2 раза реже. Средняя скорость ветра увеличивается до 2,7 – 3,4 м/с. В 1993 году максимальная средняя скорость в сентябре составила 3,5 м/с, в октябре – 4,6 м/с. Минимальная средняя скорость ветра отмечена в первом десятилетии нового века – соответственно 2,0 м/с (2011 г.) и 2,4 м/с (2007, 2009 гг.). Максимальная скорость из сроков наблюдений в сентябре равна 11 м/с (1999, 2004 г.), октябре – 12 м/с (1983-1985 г.), с учетом порывов составляет 24 м/с в сентябре (1991 г.) и 21 м/с в октябре (1996 и 2002 гг.).

С наступлением осени начинает расти атмосферное давление, в отдельные годы достигающее в сентябре максимума в 1027 гПа, в октябре – 1031 гПа, минимальное значение составляет 967 гПа. Месячная амплитуда экстремальных значений давления увеличивается, достигая в сентябре 59 гПа, в октябре – 64 гПа.

Осень характеризуется усилением интенсивности атмосферной циркуляции и пасмурным состоянием неба в результате развития слоистой облачности. Растет число дней без солнца (3–9 дней), уменьшается отношение фактического солнечного сияния к возможному до 30–45 %. В сентябре – октябре средний балл по общей облачности составляет 7,1 балла, по нижней – 4,5–5,1. Осенью по общей облачности ежемесячно бывает лишь 1–2 ясных дня, пасмурных – 14–19, в отдельных случаях пасмурная погода в октябре может удерживаться в течение 27 дней.

По нижней облачности количество ясных дней составляет 8–9, в отдельные годы их число возрастает до 17 дней. Пасмурно по нижней облачности бывает ежегодно по 3–7 дней, но иногда максимальные значения достигают 14–17, т.е. в течение полумесяца стоит пасмурная погода. При переходе от лета к осени происходит увеличение повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности до 60% и по нижней облачности – до 30 %. Повторяемости ясного состояния неба для общей и нижней облачности остаются на прежнем уровне – соответственно 10–20 %.

Осенью возможны все атмосферные явления, наблюдаемые в течение года, но число дней с ними различно. Наиболее часто отмечается туман – два–три дня в месяц с суммарной продолжительностью 12 ч в сентябре и 7 ч в октябре. В отдельные годы даже в сентябре наблюдаются метели с суммарной продолжительностью 0,1 ч. В октябре ежегодно может быть 2 дня с метелью суммарной продолжительностью 11 ч. В начале осени может прогнеть гроза суммарной продолжительностью в 1,2 ч и редко с градом (среднее число дней с градом равно 0,1). В октябре среднее число дней с грозой составляет 0,05 дня (1 раз в 20 лет).

В середине сентября открывается самая поэтическая страница в жизни природы – период золотой осени, прозванный в народе «бабьим летом». Короткое «бабье лето» лишь в отдельные годы затягивается чуть ли не на месяц. Происхождение этого названия очень древнее и связано с наступлением периода, когда после летней «страдной поры» и для женщин приходило запоздалое лето – время сравнительно легких работ. Название «бабье лето» бытует почти у всех европейских народов [70, 71].

Постоянные календарные границы периода «бабьего лета» не установлены. Чаще всего, как отмечают многие авторы [1, 17], сухая теплая погода устанавливается в середине сентября, иногда такой период может отмечаться в первой половине сентября, а порой продолжаться до конца месяца. В ночные и утренние часы уже прохладно, а днем температура воздуха достигает 20–25 °С, в редких случаях повышается до 30 °С (8 сентября 1969 г.). Такая погода и создает особо яркую расцветку листвы, которая на солнце горит золотом.

Для характеристики температурного режима «бабьего лета» рассчитана ежегодная средняя суточная температура воздуха за периоды с 7 по 14 и с 14 по 21 сентября. В Новосибирске «бабье лето» может наблюдаться несколько лет подряд, например, в 1964–1966, 1976–1980, 2002–2004 гг. (рис. 53). Самые теплые из них отмечались практически через каждые 11 лет (1966, 1977, 1988, 1997 гг.).



Рис. 53. Многолетний ход средней суточной температуры воздуха.

Прямая линия – средняя многолетняя температура воздуха в сентябре

Заметим, что средняя температура воздуха за период 14–21 сентября повсеместно выше, чем в первую половину месяца, за исключением нескольких лет, в том числе включая 2012 г., когда было отмечено самое теплое «бабье лето» со средней суточной температурой за период 15,2 °С.

Причиной аномально теплой и сухой погоды «бабьего лета» является обычно преобладание юго-западного переноса воздушных масс в тропосфере и формирование поля повышенного атмосферного давления над югом Западной Сибири.

Зима. Этот календарный период в Новосибирске холодный и продолжительный, с устойчивым снежным покровом. Началом зимы считается дата перехода средней суточной температуры воздуха через минус 5 °С в сторону понижения (12 ноября). Этой дате предшествует образование устойчивого снежного покрова (3 ноября). Концом зимы считается дата перехода средней суточной температуры воздуха через минус 5 °С в сторону повышения (23 марта). Двумя–тремя неделями позже (12 апреля) происходит разрушение устойчивого снежного покрова. Зима длится в среднем 132–133 дня.

К середине зимы происходит дальнейшее уменьшение продолжительности солнечного сияния до 50–70 ч, но уже в марте она возрастает до 170 ч. Отношение фактического солнечного сияния к потенциально возможному, т.е. при наличии ясного неба, зимой наименьшее за год – 23–47 %. Число дней без солнца составляет 5–15.

Ноябрь характеризуется образованием устойчивого снежного покрова с начала месяца. Промежуток между крайними датами этого

события три декады: 15 октября (1976 г.) и 26 ноября (1994 г.). Всю зиму лежит устойчивый снежный покров, который в апреле начинает разрушаться. Лишь в двух зимах (1969–1970 и 1988–1989 гг.) разрушение произошло 25 и 26 марта.

Три центральных зимних месяца (декабрь – февраль) имеют среднюю температуру воздуха около и ниже -15°C , а самый холодный месяц – январь $-17,7^{\circ}\text{C}$. Пограничные месяцы зимнего сезона – ноябрь и март в два раза теплее ($-7,1$ и $-8,2^{\circ}\text{C}$). В ноябре абсолютный минимум достиг $-39,0^{\circ}\text{C}$ (1987 г.) и $-36,4^{\circ}\text{C}$ в марте 1999 г. Суровая зима 1968/69 г. оказала существенное влияние на величину среднего минимума зимних центральных месяцев (декабрь–февраль). Минимальная температура воздуха в декабре 1968 г. опустилась до отметки $-45,7^{\circ}\text{C}$, в январе и феврале 1969 г. – соответственно до $-46,2$ и $-46,3^{\circ}\text{C}$.

Абсолютный максимум в декабре равен $4,8^{\circ}\text{C}$ (1975 г.), в январе $4,1^{\circ}\text{C}$ (2007 г.) и в феврале $4,5^{\circ}\text{C}$ (1983 г.). В начале и конце зимы абсолютный максимум увеличивается в 2–2,5 раза (в ноябре 2006 г. и в марте 2009 г. он составил соответственно $11,5$ и $14,4^{\circ}\text{C}$).

Зимы могут быть «холодными» и «теплыми». Самой холодной была зима 1968/69 г. со средней температурой $-19,1^{\circ}\text{C}$, самой теплой – зима 1982/83 г. с температурой $-7,5^{\circ}\text{C}$. Средняя температура зимы составляет $-12,8^{\circ}\text{C}$.

Так как на упругость водяного пара большое влияние оказывает температура воздуха, то в самые холодные месяцы года (ноябрь–март) парциальное давление минимально, с ноября по февраль снижаясь от $3,4$ до $1,7$ гПа, в марте наблюдается увеличение до $2,8$ гПа. Наименьшая амплитуда парциального давления ($3,7$ гПа) отмечена в январе, в начале и конце зимы амплитуда увеличивается до $6,7$ гПа в ноябре и $5,4$ гПа в марте. Абсолютный максимум парциального давления водяного пара $11,1$ гПа зафиксирован в ноябре 2006 г., абсолютный минимум $0,08$ гПа – в январе 2001 г.

Годовой ход относительной влажности противоположен годовому ходу парциального давления водяного пара, поэтому в зимние месяцы отмечаются наиболее высокие значения относительной влажности. Наибольшая средняя относительная влажность колеблется на уровне 88 – 82% , а наименьшая средняя – 73 – 67% . Абсолютный минимум зимой составляет 36 – 41% , от февраля к марту относительная влажность уменьшается почти на 10% .

Зимой происходит дальнейшее уменьшение количества выпадающих осадков: от 35 мм в ноябре до 17 мм в марте. До февраля

от месяца к месяцу среднее многолетнее количество осадков уменьшается на 5–6 мм, в феврале и марте выпадает практически равное количество осадков – 17 мм. В начале зимы максимальное количество осадков превышает 63 мм (в ноябре 2010 г. 69,8 мм, в декабре 2000 г. 63,8 мм). В остальные месяцы зимы месячный максимум осадков находится в пределах 41–46 мм. Минимум осадков в центральных зимних месяцах составляет около 5 мм, в ноябре 1967 г. минимум составил 8,6 мм. Самыми бесснежными были март 1989 г. и февраль 2012 г. с суммой осадков соответственно 0,4 – 0,6 мм. Самым «сухим» оказался март 1989 г. с суммой осадков за месяц 0,4 мм. В ноябре – январе более половины месяца выдается с осадками (17–18 дней), в феврале таких дней 13, в марте в два раза меньше (6 дней). Ноябрьский средний суточный максимум осадков равен 8,1 мм, в остальные месяцы не превышает 5,7 мм. В начале и конце зимы в отдельные годы за сутки может выпасть до 21 мм осадков. Так, 4 ноября 1979 г. сильный снегопад принес 21,0 мм осадков, 26 марта 1982 г. – 19,9 мм. В центральных месяцах зимы суточный максимум находится в пределах 10–14 мм.

В ноябре и марте 70–75 % выпадающих осадков составляет снег, 13–14 % – смешанные осадки и почти столько же – жидкие. В остальное зимнее время на долю снега приходится до 97 % от всех выпадающих осадков, смешанных – 2–5 % и жидких – 1–4 %. В отдельные годы в январе–феврале выпадают жидкие и смешанные осадки. Среднее число дней с твердыми осадками в ноябре – январе составляет 20–23 дня, в феврале–марте – 18–15. В декабре и феврале выпадение снега возможно в течение всего месяца. В остальные месяцы максимальное число дней со снегом варьирует от 21 до 27 дней. В центральных зимних месяцах в течение 3–5 дней могут наблюдаться жидкие осадки, смешанные – 4–7 дней. В ноябре и марте число таких дней увеличивается до 9–13. В целом за зиму в среднем снег выпадает в течение 99 дней, максимум – 116 дней, жидкие и смешанные осадки бывают 7–9 дней за сезон, иногда смешанные осадки могут наблюдаться почти месяц, а жидкие – 21 день. За зиму выпадает 120 мм осадков, что составляет 27,1 % от годового их количества.

Зимой хорошо выражено преобладание южных и юго-западных ветров. Южные ветры в декабре–январе встречаются с вероятностью 42–45 %, в ноябре и марте – примерно в трети случаев. Юго-западные ветры отмечаются в два раза реже южных. В целом за зиму в 40 % случаев наблюдаются южные ветры, в 23 % случаев – юго-западные и в 13 % – западные.

Для зимы характерна повышенная по сравнению с другими сезонами года средняя скорость ветра, равная 3,2–3,8 м/с.

Наибольшая средняя скорость ветра составляет 5,0-5,2 м/с, наименьшая – 1,2 м/с (2012 г.). Максимальная скорость ветра из сроков равна 13-16 м/с. С учетом порывов максимальные скорости ветра в центральные месяцы зимы увеличиваются до 20 м/с, в ноябре и марте – до 24-25 м/с. Повторяемость штилей составляет 7 %.

Зима отличается высокими значениями атмосферного давления. Абсолютный максимум приходится на ноябрь 1987 г. (1052 гПа), минимальные значения в течение всей зимы держатся на уровне 965–972 гПа. Месячная амплитуда экстремальных значений давления зимой достигает 80 гПа.

Самым пасмурным по общей облачности является начало зимы, когда ежегодно пасмурными могут быть 17–18 дней, в отдельные годы практически весь месяц (28 дней) удерживается подобная погода. В конце зимы число пасмурных дней уменьшается до 13 дней. Зимой наибольшее число малооблачных и ясных дней отмечается в феврале – марте (2,7 дней). В среднем за зиму по общей облачности в 55% случаев бывает пасмурно, ясных дней на порядок меньше, на долю полужасных дней приходится около – 40%. Средний балл в ноябре – январе равен 7,9–7,0, далее к марту уменьшается до 6,5 баллов.

По нижней облачности в ноябре бывает в среднем 3-5 пасмурных дней, далее к концу зимы количество таких дней уменьшается до 1,3–1,4, но в отдельные годы их число может достигать от 8 до 18 дней. В среднем, повторяемость пасмурных дней невелика - составляет 5-15 %.

Число ясных дней по нижней облачности меняется от 10 дней в начале зимы до 17,5 дней в конце, с повторяемостью 30-40 %, Самыми малооблачными в году являются январь – март (3,1–2,7 балла).

Новосибирске зимой более часто наблюдаемым атмосферным явлением является метель, в декабре – январе в среднем по 8 дней, в остальные месяцы зимы – по 5–6. Всего за зиму ежегодно отмечается 33 дня с метелью с суммарной продолжительностью 275 ч. Средняя продолжительность одной метели изменяется от 6,6 до 9,5 ч. Наибольшая суммарная продолжительность метелей в январе (70 ч) и декабре (62 ч).

В первые два месяца зимы туман отмечается в среднем один раз в месяц, в январе – феврале – по 2 тумана в месяц и в марте – 3 тумана. Всего за зиму может быть 9 дней с туманом, что составляет 42 % от их годового количества. Суммарная продолжительность зимних туманов составляет 40 ч – это 50 % от годовой продолжительности всех туманов. Крайне редко в ноябре бывает непродолжительная гроза без града, среднее многолетнее число дней составляет 0,02.

При определенных условиях (сильный ветер, малоснежная зима) в ноябре – январе наблюдались единичные случаи возникновения пыльных бурь, среднее многолетнее число дней с ними 0,1–0,05; суммарная продолжительность бурь 0,2–0,6 ч.

Глава 17

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Отопительный период. Разработка нормативов запасов и расходов топлива, установление режима деятельности различных энергетических служб, обоснование стратегии функционирования и развития топливно-энергетического комплекса опираются в первую очередь на климатические характеристики отопительного периода (ОП). По данным [16, 36, 72, 73] расходы на отопление составляют не менее 30–40 % общих расходов вырабатываемой тепловой энергии.

Отопительным периодом называют холодную часть года, в течение которой средняя суточная температура воздуха устойчиво удерживается ниже 8°C . За начало ОП принимается день, когда среднесуточная температура понижается до 8°C и ниже и в течение последующих 4 дней не поднимается выше указанного значения. Завершается отопительный период весной при переходе средней суточной температуры в сторону повышения через те же 8°C и в течение четырех дней она не опускается ниже. Важнейшими параметрами отопительного периода являются:

- дата начала ОП;
- дата окончания ОП;
- продолжительность ОП ($P_{\text{ОП}}$);
- средняя температура воздуха за ОП ($T_{\text{ОП}}$);
- дефицит тепла (E), определяемый по формуле [16]:

$$E = P_{\text{ОП}} \cdot (T_0 - T_{\text{ОП}}), \quad (2)$$

где T_0 – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$, внутри отапливаемых помещений (по нормативам принимается равной 18°C).

Для расчета характеристик отопительного периода использованы данные по средней суточной температуре воздуха ст. Огурцово за период 1966–2013 гг. Даты начала и окончания отопительного периода получены с графика годового хода среднесуточных величин температуры воздуха в вышеприведенном порядке: когда она впервые не менее четырех суток подряд удерживалась в пределах ниже (осенью) или выше (весной) 8°C

Характеристики отопительного периода, 1966–2013 гг.

Параметр	Сред- няя	Наиболь- шая	Годы	Наимень- шая	Годы
Продолжитель- ность ОП, сут	222	255	1968–1969	192	2010–2011
Средняя темпе- ратура воздуха ОП, °С	–7,9	–4,4	2001–2002	–12,8	1966–1967 2009–2010
Дефицит тепла, град · сут	5747	7778	1968–1969	4736	2006–2007
Дата начала и окончания ОП	Сред- няя	Самая ранняя	Годы	Самая поздняя	Годы
Начало ОП	25.IX	3.IX	1968	19.10	1997
Окончание ОП	6.V	19.IV	1967, 1997	26.V	1975
Продолжитель- ность ОП (IX– XII)	97	119	1968–1969	73	1997–1998
Продолжитель- ность ОП (I–IV)	125	146	1974–1975	103	2010–2011

Средние значения, максимальные и минимальные отклонения параметров отопительного периода относительно среднего значения приведены в табл. 68. Характеристики ОП изменяются от года к году, что весьма существенно для формирования жизнеобеспечивающих условий проживания и трудовой деятельности населения в холодный период года.

Начало отопительного периода в Новосибирске приходится в среднем на конец сентября, наиболее раннее – на первую пятидневку сентября, самое позднее – на конец второй декады октября. Довольно заметно изменяются также и сроки окончания отопительного периода – с конца второй декады апреля до конца мая при средней дате 6 мая.

Продолжительность отопительного периода в Новосибирске в среднем составляет 224 дня, но в отдельные годы она может уменьшаться или увеличиваться на 25–30 дней. Например, наиболее длительному отопительному периоду 1968/69 г. (255 дней) уже предшествовала холодная осень с достаточно ранним образованием устойчивого снежного покрова – 20 октября. В эту зиму отмечалось более 40 дней с температурой воздуха ниже -30°C , при этом в течение 10 дней температура воздуха не поднималась выше -40°C .

Отрицательная аномалия температуры воздуха была связана с мощным вторжением арктического воздуха в антициклонах, перемещавшихся с Баренцева моря и севера европейской территории России, из районов Таймыра и нижнего Енисея, а также влиянием отрога азиатского антициклона на температурный режим территории юго-востока Западной Сибири. Для теплых зим характерно перемещение циклонических образований на Западную Сибирь из районов Исландии и Скандинавии.

Наибольшая длительность отопительного периода отмечалась в конце 60-х годов прошедшего столетия, менее длительные периоды наблюдались чаще всего в последнем десятилетии прошлого и в отдельные годы первого десятилетия настоящего века. Минимальная длительность отопительного периода пришлось на зимний сезон 2010/11 г. и составила 192 дня, т.е. на целый месяц меньше средней продолжительности.

Расходы на отопление зависят как от продолжительности ОП, так и его средней температуры, которая в свою очередь определяется и суровостью погоды, и продолжительностью отопительного периода. Средняя температура ОП составляет $-7,9^{\circ}\text{C}$, что, например, на 5°C ниже, чем в Москве, и на 3°C – в Казани [15, 17]. В более «теплые» зимы средняя температура воздуха отопительного периода может возрастать до $-4,4^{\circ}\text{C}$.

У жителей Новосибирска старшего поколения, наверное, останется в памяти «суровая» зима 1968/69 г., во время которой все характеристики ОП оказались самыми неблагоприятными за рассматриваемый период (табл. 69). Аномально холодной по средней температуре отопительного периода ($-12,8^{\circ}\text{C}$) была также зима 2009/10 г., но по продолжительности ОП она занимает 4-е место в ряду наиболее коротких периодов.

Дефицит тепла (теплопотери) – функция двух составляющих: средней температуры ОП и его продолжительности. Чем ниже температура воздуха и длительней ОП, тем больше дефицит тепла. Среднее его значение в Новосибирске составляет 5747 град·сут, максимальных величин дефицит тепла (7778 град·сут) достиг в холодный период 1968/69 г., минимум составил 4736 град·сут зимой 2006/2007 г. Упомянутый период 2009/10 г. ввиду низкой температуры ОП занимает 4-е место в ряду наибольших теплопотерь.

Особенности межгодовых колебаний и однонаправленные длительные тенденции (тренды) величин характеристик ОП представлены на рис. 54. Применялись линейная и кубическая формы аналитического описания трендов. При этом положение

**Пять наибольших и наименьших значений характеристик
отопительного периода**

Продолжи- тельность, дни	Годы	Средняя темпера- тура, °С	Годы	Дефицит тепла, град·сут	Годы
255	1968–1969	–12,8	1966–1967 2009–2010	7778	1968–1969
251	1992–1993	–12,5	1968–1969	6687	1976–1977
248	1972–1973	–10,9	1997–1998	6596	1984–1985
243	1974–1975	–10,7	1976–1977	6191	2009–2010
239	1969–1970 1984–1985 2005–2006	–10,2	2010–2011	6166	2005–2006
211	1975–1976 1989–1990 1996–1997	–5,1	1988–1989 1994–1995	5153	2013–2014
201	1990–1991 2009–2010	–5,0	1982–1983	5151	1994–1995
199	1966–1967 1997–1998 2006–2007	–4,8	1992–1993	5022	1996–1997
195	2011–2012	–4,6	2013–2014	4861	2001–2002
192	2010–2011	–4,4	2001–2002	4736	2006–2007

кубических трендов продолжительности отопительного периода и дефицита тепла практически совпадает с линейным, по этой причине он представлен только средней температурой отопительного периода.

Согласно оценкам, наличие статистически достоверного отрицательного линейного тренда на 5%-м уровне значимости отмечается в межгодовых колебаниях продолжительности отопительного периода. Скорость уменьшения составляет около четырех дней за 10 лет (см. рис. 54). За период 1966–2013 гг. продолжительность ОП сократилась на 18 дней. При этом тенденция к уменьшению продолжительности первой части ОП обуславливает лишь 4% межгодовой изменчивости, в то время как достоверность сокращения второй части обеспечена на 5%-м уровне значимости, критерий Стьюдента равен 2,9 (рис. 55). Причиной сокращения длительности отопительного периода послужило потепление весенних месяцев, особенно в мае, температура за период 1966–2013 гг. повышалась на 0,65 °С за 10 лет.

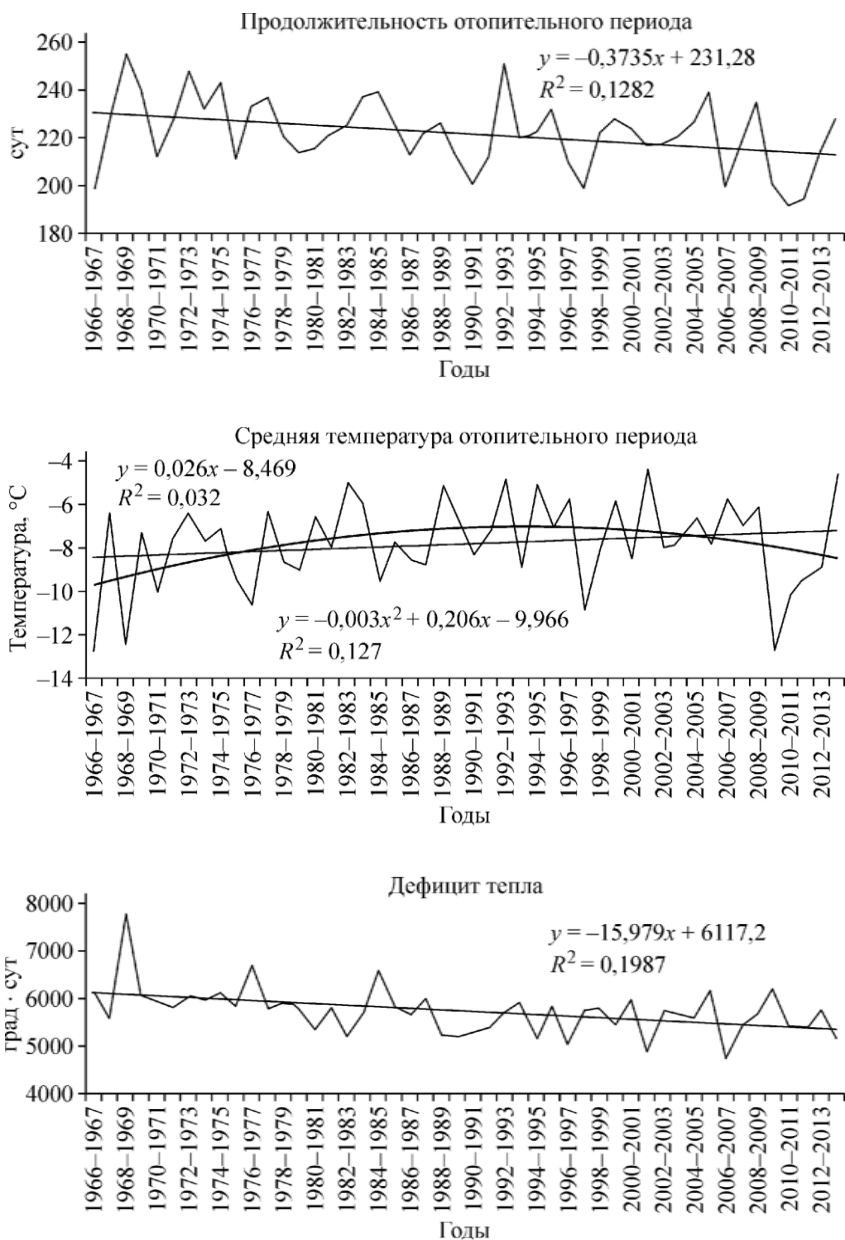


Рис. 54. Межгодовые изменения характеристик отопительного периода

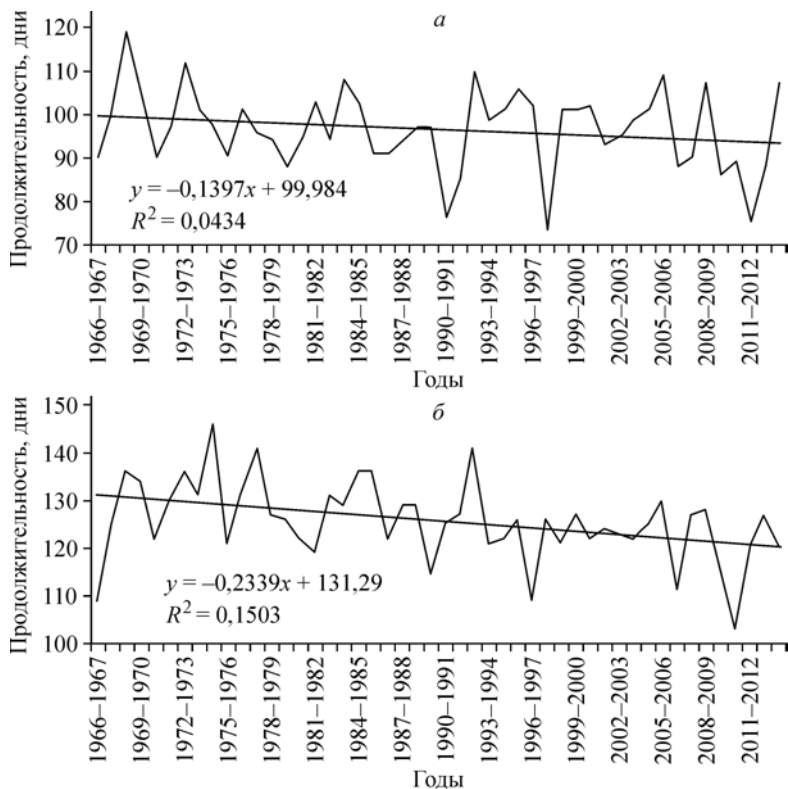


Рис. 55. Изменение продолжительности отопительного периода с сентября по декабрь (а) и с января по май (б)

В изменении температуры воздуха отопительного периода хоть и отмечается тенденция к росту, но она обуславливает всего 3% межгодовой изменчивости. За счет холодных зим 2009/10 г. и 2010/11 г., а также начало зимы 2011/12 г. с морозами ниже -30°C кубический тренд в противоположность линейному указывает на понижение средней температуры ОП и в противовес прогнозу [45] может нарушить тенденции в поведении характеристик ОП, свойственные периоду 1966–2010 гг.

Статистически достоверный отрицательный тренд на 1%-м уровне значимости присутствует в межгодовых колебаниях дефицита тепла. Его величина с конца шестидесятых годов до 2013 г. сократилась примерно на 780 град·дн, средняя скорость уменьшения составила 160 град·дн за 10 лет.

Сравнивая характеристики отопительного периода в Новосибирске, Москве и Казани, можно отметить, что Новосибирск находится в более

«жестких» зимних условиях. Так, продолжительность ОП на 20 дней больше, чем в Москве и Казани, а средняя температура ОП, наоборот, на 3–5 °С ниже [16, 17].

Расчетные климатические параметры учитываются как на стадии планирования и проектирования различных сооружений, так и при последующей их эксплуатации, обеспечивающей оптимальные условия внутри помещений и вне их. В строительном проектировании наиболее широко применяются расчетные значения температуры воздуха, скорости ветра, энтальпии воздуха. Расчетной температурной характеристикой в проектировании является средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки, суток и холодного периода. Для территорий с частой сменой синоптических ситуаций приемлемы допустимые периоды, однако в районах с устойчивой антициклонической погодой необходимы дополнительные характеристики климатических условий, отражающие воздействие на здания длительных похолоданий. В качестве такой характеристики в работе [36] предложено использовать вероятность различной продолжительности непрерывных похолоданий и потеплений.

Для расчета числа периодов потепления и похолодания, их средней и суммарной продолжительности, температуры воздуха в указанные периоды служат ежедневные средние суточные значения температуры воздуха в холодный период (ноябрь–март). За каждый год определяются отклонения этих значений от многолетней средней суточной температуры, вычисляются продолжительность периодов непрерывных похолоданий и потеплений и характеристики термического режима: средняя температура периодов, сумма отклонений температур от нормы. Последние необходимы для определения запасов топлива на отопительный период и создания гарантированных запасов на случай интенсивного похолодания.

В табл. 70 представлены характеристики похолоданий за период 1966–2010 гг.

В городе в среднем за год отмечается 17 периодов похолодания. В годы с частой сменой синоптической ситуации число периодов возрастает в 1,5 раза. Непрерывная продолжительность периодов похолодания в среднем длится около 4,5 дней, суммарная – 69 дней. В холодный сезон 1968/69 г. период похолодания длился непрерывно 40 дней, суммарная продолжительность составила 133 дня.

Температура воздуха в периоды похолоданий опускается ниже средней многолетней более чем на 6 °С. Наиболее интенсивное похолодание отмечалось 1 декабря 1968 г. Термический

Характеристика периодов похолодания

Число периодов		Число дней		Непрерывная продолжительность, дни		Температура воздуха	
среднее	наибольшее	среднее	наибольшее	средняя	наибольшая	наибольшая	самая низкая
ст. Огурцово (1966–2010 гг.)							
17	24 1985/86	69	133 1968/69	4,3	40 1968/69	–6,6	–28,2 01.XII.1968
ст. Учебная (1966–2010 гг.)							
15	23 1985/86	69	135 1968/69	4,7	44 1966/67	–6,3	–26,4 10.II.1969
ст. Обская ГМО (1966–2010 гг.)							
17	24 1985/86	69	131 1968/69	4,3	40 1968/69	–6,4	–26,9 18.XII.1966
ст. Остров Дальний (1981–2010 гг.)							
16	24 1985/86	70	119 1984/85	4,4	37 1984/85	–6,6	–29,2 07.I.2001
ст. Огурцово (норма 1971–2000 гг.)							
16	23 1985/86	70	129 1968/69	4,4	44 1966/67	–6,6	–29,7 18.XII.1966

режим похолоданий в показателях средних значений числа периодов, средней непрерывной практически не различается.

Характеристика периодов потепления в зимнее время представлена в Прил. 10.

Среднее число периодов потепления не превышает 17. Средняя их продолжительность на 13 дней, а непрерывная на 1 день больше, чем за периоды похолодания. В то же время эти периоды на 1,0 °С менее интенсивны похолоданий, а наибольшие отклонения температуры от нормы чуть превышают 20°С.

Межгодовое изменение максимальной продолжительности периодов похолодания и потепления представлено на рис. 56.

За период 1966–2010 гг. наметилась тенденция увеличения продолжительности периодов потепления, особенно ярко проявившаяся с конца 80-х годов прошлого столетия до 2004–2005 гг., в это время, за исключением отдельных лет, периоды потепления были повсеместно продолжительнее периодов похолодания. В зиму 2001/2002 г. отмечен самый длительный период потепления, составивший 35 дней. В целом увеличение продолжительности периодов потепления согласуется с выводами об интенсивном потеплении на юге Западной Сибири. Однако

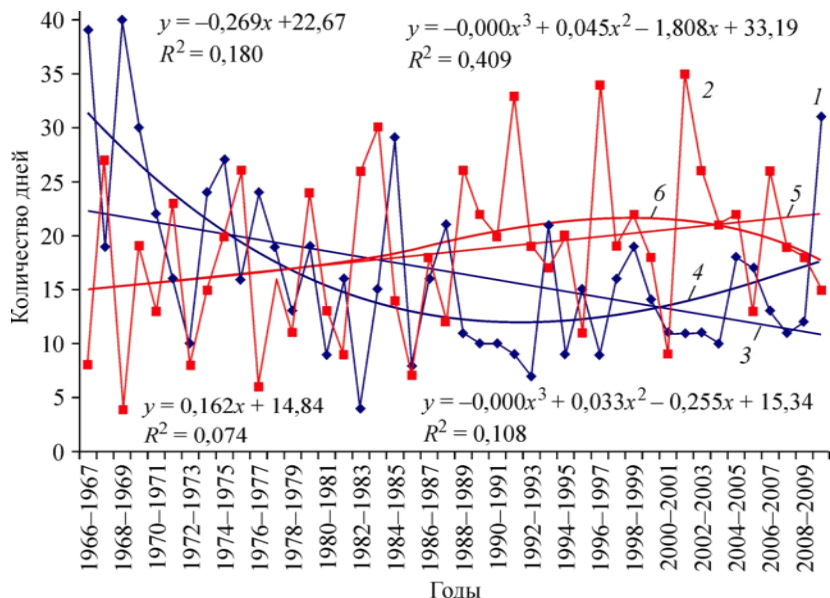


Рис. 56. Межгодовая изменчивость наибольшей продолжительности периодов похолодания (1) и потепления (2); линейный (3) и кубический (4) тренды продолжительности периодов похолодания; линейный (5) и кубический (6) тренды продолжительности периодов потепления. Вверху диаграммы представлены оценки трендов продолжительности периодов похолодания, внизу – периодов потепления

возрастающий тренд обуславливает всего лишь 7% межгодовой изменчивости, а кубический указывает даже на уменьшение продолжительности периодов потепления. Изменение наибольшей продолжительности периодов похолодания за рассматриваемый период имеет отрицательную тенденцию, скорость уменьшения составляет около 3 дней за 10 лет. Но, вероятней всего, эта тенденция может измениться в сторону увеличения продолжительности периодов похолодания. Об этом красноречиво говорит величина R^2 , показывающая, какая величина дисперсии обеспечена трендом.

Для определения вероятности различной продолжительности непрерывных похолоданий и потеплений использовалась расчетная формула [36]:

$$P = 1 - (M_{cp} - 0,3)/(n + 0,4), \quad (3)$$

где P – интегральная вероятность в долях единицы; M_{cp} – средний порядковый номер; n – число членов ряда.

В Прил. 11 представлена расчетная вероятность продолжительности непрерывных похолоданий и потеплений. Например, практически один раз в пять лет можно ожидать, что продолжительность непрерывного похолодания составит свыше 20 дней, непрерывного потепления – свыше 23 дней. Выделение однородных по термической структуре периодов различной продолжительности дает дополнительную информацию, позволяющую более эффективно использовать ее для принятия решений.

Энтальпия воздуха. В хозяйственной деятельности мегаполиса большое внимание уделяется вопросам эффективности использования энергии. Совокупность теплозащиты и энергетики зданий, а также потребляемое ими топливо обеспечивают оптимальный и допустимый санитарными нормами тепловой режим помещений. Вариантное проектирование и автоматизация системы кондиционирования и вентиляции (СКВ) опираются на климатические показатели. Расходы тепла, холода и влаги служат основой для выбора марки кондиционеров, в том числе бытовых.

В качестве характеристик для расчета энергозатрат проектируемого здания в теплый период года используются средние и соответствующие обеспеченности 95 и 99% значения продолжительности (τ , τ_{95} , τ_{99}) и температуры воздуха (t , t_{95} , t_{99}) периода с энтальпией, превышающей и устойчиво превышающей 40 кДж/кг. Продолжительность периода с энтальпией, превышающей 40 кДж/кг, определяется датами первого перехода через указанный предел при повышении и последнего перехода при понижении энтальпии. В течение этого периода могут наблюдаться отдельные дни с энтальпией меньше 40 кДж/кг. Границами периода с энтальпией, устойчиво превышающей 40 кДж/кг, являются даты, начиная с которых сумма положительных отклонений от указанного предела больше суммы отрицательных (по модулю) в начале периода и сумма отрицательных отклонений больше суммы положительных в конце периода.

Средние суточные значения энтальпии (I), по ряду которых определяются периоды превышения и устойчивого превышения энтальпией 40 кДж/кг, рассчитаны за период 1981–2010 гг. по формуле [49]:

$$I = C_p \cdot \bar{t} + (L + C_p' \cdot \bar{t}) \cdot \bar{d}, \quad (4)$$

где $C_p = 1$ кДж/(кг·К); $C_p' = 1,85$ кДж/(кг·К); $\bar{t}$ – средняя суточная температура воздуха, °С; $L = 2507,4$ кДж/(кг·К).

Удельное влагосодержание $\bar{d}$ определялось по формуле [49]:

$$\bar{d} = \frac{\bar{R} \cdot E_{(\bar{t})} \cdot 0,622}{\bar{P}} \text{ кг/кг}, \quad (5)$$

где $E(\bar{p})$ – упругость насыщения водяного пара; $\bar{R}$ – средняя суточная относительная влажность воздуха; $\bar{P}$ – среднее месячное давление атмосферного воздуха, гПа.

Средняя продолжительность периода с энтальпией, превышающей 40 кДж/кг, в Новосибирске составляет 87–98 дней (табл. 71), причем наибольшие ее значения отмечаются на ст. Учебная, расположенной в черте города, а также в пунктах, находящихся вблизи и на острове Обского водохранилища. По-видимому, на продолжительность периода оказывают отопляющее влияние городской остров тепла и водохранилище (главным образом, в осенний сезон). Средняя температура периодов с энтальпией практически одинаковая на всех пунктах (17,9–18,3°C).

Продолжительность периодов с энтальпией, устойчиво превышающей 40 кДж/кг, в 1,5–2 раза короче, при этом сохраняется отмеченная закономерность в распределении по территории города. Средняя температура воздуха при установлении периодов возрастает до 19,9–20,5°C (табл. 72).

Тенденции характеристик энтальпии отражают особенности изменения температуры воздуха: потепление весенних месяцев обусловило увеличение длительности периода, вместе с тем аномально холодные летние сезоны обозначили понижение средней температуры воздуха рассматриваемых периодов (рис. 57).

Т а б л и ц а 71

Средние и различной обеспеченности значения продолжительности и температуры воздуха периодов с энтальпией, превышающей 40 кДж/кг

Период с энтальпией выше 40 кДж/кг					
Продолжительность периода, дни			Температура воздуха периода, °С		
средняя	с обеспеченностью		средняя	с обеспеченностью	
	95 %	99 %		95 %	99 %
ст. Огурцово					
87	112	122	18,1	19,7	20,4
ст. Учебная					
99	119	127	18,3	19,5	20,0
ст. Обская ГМО					
96	116	124	17,9	19,1	19,7
ст. Остров Дальний					
98	122	132	18,3	19,6	20,3

Средние и различной обеспеченности значения продолжительности и температуры воздуха периодов с энтальпией, устойчиво превышающей 40 кДж/кг

Период с энтальпией устойчиво выше 40 кДж/кг					
Продолжительность периода, дни			Температура воздуха периода, °С		
средняя	с обеспеченностью		средняя	с обеспеченностью	
	95 %	99 %		95 %	99 %
ст. Огурцово					
43	72	84	20,0	21,8	22,5
ст. Учебная					
53	78	88	20,5	22,7	23,7
ст. Обская ГМО					
57	80	90	20,0	22,1	23,0
ст. Остров Дальний					
60	82	91	19,9	21,7	22,4

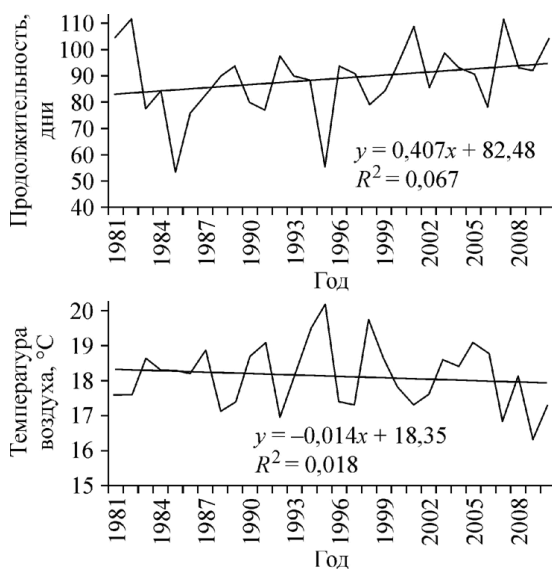


Рис. 57. Многолетний ход продолжительности и средней температуры воздуха периодов с энтальпией, равной и более 40 кДж/кг

В многолетнем ходе за последние 10 лет наблюдается уменьшение продолжительности периодов с энтальпией, устойчиво превышающей 40 кДж/кг, что, несомненно, связано с прохладными летними сезонами 2008–2010 гг. Температура воздуха за рассматриваемый период практически не изменилась (рис. 58).

Средние месячные значения энтальпии используются для косвенного расчета характеристик периода охлаждения и вычислены по приближенной формуле [49]:

$$I = C_p \cdot t + 0,622(L + C'_p \cdot t) \frac{\bar{R} \cdot E_{(\bar{t})}}{\bar{P}} + C'_p \cdot r_{t,R} \cdot \sigma_t \cdot \sigma_R. \quad (6)$$

В Новосибирске средняя месячная энтальпия изменяется от –14,1 в январе до 44,6 кДж/кг – в июле (табл. 73). На величину энтальпии оказывают влияние местные условия. Зимой она выше в черте города ввиду его обогревающего влияния, летом наибольшие значения отмечаются на прибрежных станциях вследствие повышенной влажности воздуха.

Суточный ход энтальпии используется при расчетах мощности холодопроизводительности системы кондиционирования.

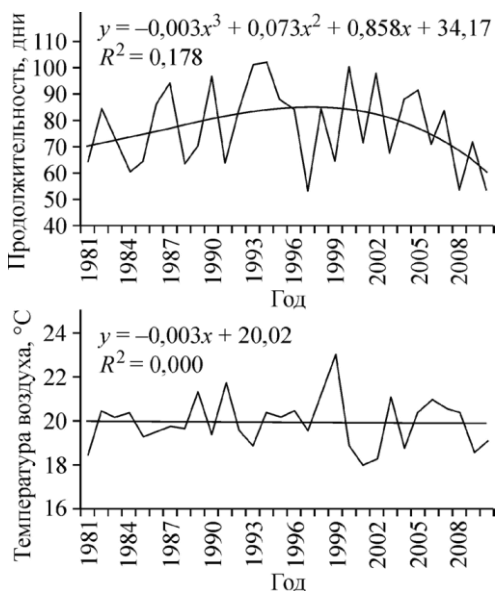


Рис. 58. Многолетний ход продолжительности и средней температуры воздуха периодов с энтальпией, устойчиво превышающей 40 кДж/кг

Средние месячные значения энтальпии, кДж/кг

Месяц											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ст. Огурцово											
-14,1	-12,3	-3,6	9,6	23,4	36,6	44,6	38,3	24,1	11,9	-2,2	-11,2
ст. Учебная											
-13,0	-10,8	-1,8	10,6	25,0	37,7	46,1	39,9	25,0	12,4	-1,6	-10,3
ст. Обская ГМО											
-14,0	-12,2	-3,7	8,8	23,5	38,2	46,4	40,6	25,9	13,2	-1,3	-10,8
ст. Остров Дальний											
-14,9	-13,0	-4,2	8,5	25,0	39,4	47,2	40,8	25,9	13,2	-1,7	-10,5

В учете суточного хода содержатся значительные резервы для оптимизации расчетов инерционных систем кондиционирования, в частности, входящих в эти системы аккумуляторов. Среднее значение энтальпии за каждый срок вычислено по многолетним данным температуры и влажности воздуха по формуле [49]:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n c_p \cdot t_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n (L + C'_p) \cdot d_i}{n}, \quad (7)$$

где t_i и d_i – температура и влагосодержание воздуха в данный срок наблюдения; n – объем совокупности наблюдений, равный числу наблюдений за конкретный срок в течение месяца, умноженному на число лет.

Наибольшие значения энтальпии на всех станциях отмечаются в 12 ч ВСВ, минимальные – в интервале 0–6 ч ВСВ (табл. 74).

В табл. 75 представлены температура воздуха указанной обеспеченности и соответствующая ей энтальпия. Для теплого периода года принимается расчетная температура с обеспеченностью 99, 98, 96 и 95%. Значения энтальпии принимаются соответственно с обеспеченностью 98,1, 97,1, 95,5 и 94,6 %.

Температура воздуха принимается с обеспеченностью P , равной [49]:

– 99 % – при проектировании кондиционирования воздуха производственных зданий и помещений точной индустрии, электроники, тонкой химической технологии и других производств при наличии обоснованных технологических заданий;

– 98 % – при проектировании кондиционирования воздуха жилых, общественных и остальных производственных зданий;

Т а б л и ц а 74

Средние значения энтальпии по срокам, кДж/кг

Месяц	Сроки, ВСВ							
	15	18	21	00	03	06	09	12
I	-13,3	-13,9	-14,4	-14,8	-15,0	-15,3	-13,1	-11,7
II	-10,0	-12,0	-13,0	-13,8	-14,4	-14,3	-10,6	-8,3
III	0,7	-2,9	-4,8	-6,3	-7,2	-5,3	-0,7	1,6
IV	13,4	10,2	8,3	6,8	5,9	9,2	12,5	13,9
V	27,2	23,9	21,0	19,2	19,5	24,1	26,6	27,6
VI	39,8	37,3	33,9	31,7	33,2	37,5	39,2	40,0
VII	47,4	45,5	41,7	39,2	40,2	45,5	47,2	47,6
VIII	41,6	38,8	35,9	33,7	32,7	39,0	41,2	41,9
IX	27,1	24,5	22,8	21,3	20,2	23,9	26,8	27,7
X	13,6	12,4	11,4	10,6	9,9	11,3	14,1	15,1
XI	-1,4	-1,4	-1,9	-2,3	-2,7	-2,7	-0,9	-0,2
XII	-10,8	-10,0	-11,1	-11,3	-11,6	-11,6	-10,2	-9,5

Т а б л и ц а 75

Температура воздуха (t) указанной обеспеченности и соответствующая ей энтальпия (I)

Параметр	Обеспеченность температуры воздуха, %							
	95	96	98	99	8	6	0,5	0,1
t, °C	21,6	22,8	25,0	26,7	-22,3	-24,0	-34,0	-39,0
I, кДж/кг	53,7	54,7	54,8	56,0	-22,6	-25,2	-34,8	-43,5

– 96 % – при проектировании вентиляции, в том числе с адиабатическим охлаждением воздуха для зданий, расположенных в местах со средней месячной температурой июля 21⁰С, больничных и детских учреждений, гостиниц и санаториев высшего разряда и некоторых промышленных и сельскохозяйственных зданий;

– 95 % – при проектировании вентиляции и вентиляции с адиабатическим охлаждением помещений зданий и сооружений всех назначений.

Для холодного периода года принята расчетная температура воздуха с обеспеченностью 0,1, 0,5, 6 и 8%, значения энтальпии принимаются с обеспеченностью 0,01, 0,1, 5,5 и 7,5%.

Температура воздуха принимается с обеспеченностью P, равной:

– 0,1 % – при проектировании отопления, кондиционирования воздуха и общеобменной вентиляции, рассчитанной на удаление

вредных веществ только для особых зданий: больничных, детских учреждений и санаториев высшего разряда, а также при проектировании кондиционирования воздуха производственных зданий и помещений точной индустрии, электроники, тонкой химической технологии и других производств при наличии обоснованных технологических заданий;

- 0,5 % – при проектировании отопления и кондиционирования воздуха общественных, жилых и основной массы производственных зданий, вентиляции, рассчитанной на удаление вредных веществ;

- 6 % – при проектировании вентиляции жилых, общественных и основной массы производственных зданий и сооружений всех назначений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ, при проектировании некоторых сельскохозяйственных зданий;

- 8 % – при проектировании вентиляции сельскохозяйственных зданий.

Температура воздуха обеспеченностью 0,1% соответствует температуре наиболее холодных суток, температура обеспеченностью 0,5% – температуре наиболее холодной пятидневки, температура обеспеченностью 6% соответствует средней температуре наиболее холодного периода («вентиляционной» температуре).

Воздействие климата на здоровье человека. Тепловой комфорт человек испытывает в том случае, когда его система терморегуляции находится в состоянии наименьшего напряжения [74]. Климатические условия относятся к числу основных факторов, определяющих тепловое состояние человека. Отдельные метеорологические факторы могут как смягчать, так и усугублять свое действие на организм человека. При особо неблагоприятных крайних сочетаниях этих факторов возникает угроза перегрева организма вплоть до теплового или солнечного удара, либо охлаждения или даже обморожения.

Зимним условиям Сибири, как известно, свойственны низкие температуры воздуха. В регионе расположения города Новосибирска морозы ниже -30°C в среднем наблюдаются около 20 дней за сезон и могут сохраняться непрерывно в течение трех дней и более [75–77]. В условиях континентального климата летом возможны длительные периоды с жаркой погодой [78]. На основе перехода от метеорологических характеристик зоны жизнедеятельности человека к показателям теплового состояния человека, которые выражают соответствующие физиологические реакции организма на воздействие окружающей среды, созданы специальные количественные показатели.

Учет таких характеристик, к примеру, позволяет оценить материальные потери по причине недооценки населением негативного влияния метеорологических условий на здоровье [79].

В настоящее время существует большое число различных методов оценки физиологической реакции организма на тепловые воздействия, систематизированные данные которых приведены в [36, 45, 74]. Нами рассмотрены комплексные температурно-влажностные и температурно-ветровые биоклиматические показатели влияния климата на человека, определяющие уровень тепловой нагрузки: для холодного сезона – эффективная температура и индекс жесткости погоды Бодмана; для летнего сезона – индекс жары и душные погоды.

Показателем тепловой чувствительности является *эффективная температура* (ET^0), которая характеризует теплоощущение одетого человека для ряда сочетаний температуры (T) и относительной влажности (f) при неподвижном воздухе.

Эффективная температура рассчитывается по формуле [74]:

$$ET = T - 0,4 \cdot (T - 10) \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (8)$$

В табл. 76 приведены виды холодовых нагрузок при определенных значениях эффективной температуры и последствий их воздействия на организм человека.

Значения эффективных температур показали, что в центральные зимние месяцы в Новосибирске и его окрестностях температурно-влажностные условия в среднем создают нагрузку категории «очень холодно» с последствиями сильной угрозы обмороживания незащищенных поверхностей тела (табл. 77).

Некоторые зимы бывают крайне холодными, и риск обмороживания возрастает (декабрь 1966 г., январь и февраль 1969 г.). Зима 1968/69 г. заявила о себе уже в ноябре значительными холодовыми нагрузками. Отмечаются также зимы комфортнее средних – «холодно» (декабрь 2006 г. и январь–февраль 2002 г. – самых теплых месяцев в истории Новосибирска).

Т а б л и ц а 76

Эффективная температура (ET^0) и характеристика тепловых нагрузок [74]

0... –12	–12...–24	–24...–30	Ниже –30
Холодно	Очень холодно	Крайне холодно	Крайне холодно
Умеренная угроза обмороживания	Сильная угроза обмороживания	Очень сильная угроза обмороживания	Чрезвычайно высокая вероятность обмороживания

Эффективная температура (ET°) за период 1966–2010 гг.

Характеристика	Месяц				
	XI	XII	I	II	III
ст. Огурцово					
$ET^0_{\text{ср}}$	–6,1	–12,5	–14,8	–13,3	–6,7
$ET^0_{\text{макс}}$	–1,6	–5,2	–5,8	–6,2	–0,4
Год	1995	2006	2002	2002	2002
$ET^0_{\text{мин}}$	–13,4	–23,4	–26,6	–24,2	–13,7
Год	1968	1966	1969	1969	1999
ст. Учебная					
$ET^0_{\text{ср}}$	–5,7	–11,9	–14,1	–12,2	–5,3
$ET^0_{\text{макс}}$	–1,4	–5,1	–6,0	–5,6	0,0
Год	1983	2006	2002	2002	2002
$ET^0_{\text{мин}}$	–12,9	–22,1	–25,8	–23,2	–11,8
Год	1968	1966	1969	1969	1969
ст. Обская ГМО					
$ET^0_{\text{ср}}$	–5,5	–12,1	–14,4	–12,7	–6,5
$ET^0_{\text{макс}}$	–1,3	–5,3	–5,7	–5,9	–0,3
Год	1971	2006	2002	2002	2002
$ET^0_{\text{мин}}$	–12,2	–21,8	–24,8	–22,2	–13,8
Год	1968	1966	1969	1969	1969

Следовательно, в Новосибирске может наблюдаться погода во всем диапазоне, исключая только «крайне холодную погоду» с эффективной температурой ниже -30°C .

Индекс суровости погоды Бодмана. В холодный период года низкая температура воздуха в сочетании с ветром усугубляет дискомфортное состояние человека. Для оценки суровости погоды, фактора, ограничивающего пребывание человека на открытом воздухе, применяется метод Бодмана [74]. Индекс оценки суровости S , рассчитывается по формуле:

$$S = (1 - 0,04T) \cdot (1 + 0,272V), \quad (9)$$

где T – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; V – скорость ветра, м/с.

В соответствии со шкалой определяется балл суровости погоды: $S < 1$ – зима несуровая, мягкая; $S = 1-2$ – зима мало суровая; $S = 2,1-3$ – умеренно суровая; $S = 3,1-4$ – суровая; $S = 4,1-5$ – очень суровая; $S = 5,1-6$ – жестко суровая; $S > 6$ – крайне суровая.

Жесткость погоды (S) , баллы

Характеристика	Месяц				
	XI	XII	I	II	III
ст. Огурцово					
$S_{\text{ср}}$	2,7	3,2	3,3	3,2	2,5
$S_{\text{макс}}$	4,1	4,2	4,5	4,4	3,4
Год	1968	1968	1969	1966	1969
$S_{\text{мин}}$	2,0	2,4	2,7	2,4	2,0
Год	2006	2005	1984	1999	1984
ст. Учебная					
$S_{\text{ср}}$	2,0	2,4	2,5	2,4	1,9
$S_{\text{макс}}$	3,2	3,2	3,5	3,6	2,6
Год	1968	1968	1972	1972	1969
$S_{\text{мин}}$	1,5	1,9	1,9	1,7	1,5
Год	1995	1992	1995	1995	1997
ст. Обская ГМО					
$S_{\text{ср}}$	2,7	3,1	3,3	3,0	2,4
$S_{\text{макс}}$	4,1	4,5	5,1	5,2	3,3
Год	1968	1972	1973	1972	1972
$S_{\text{мин}}$	1,8	2,3	2,4	2,2	1,8
Год	2006	2005	2004	1999	2005

В г. Новосибирске в среднем наблюдается суровая погода, а в защищенной от ветра городской застройке (ст. Учебная) на балл меньше – умеренно суровая (табл. 78). В годы, отмеченные сильными ветрами и морозами (1969, 1972, 1973), условия погоды соответствуют категории «очень суровая», но бывают и мало суровые зимы ($S = 1-2$). Более жесткая погода по критерию Бодмана отмечается в Обской ГМО. Для Новосибирска крайние условия жесткости и мягкости погоды не свойственны.

Индекс жары, «Heat index» [74] является характеристикой теплового стресса в летний период года. Чрезмерная тепловая нагрузка для человека, находящегося на открытом воздухе, опасна для организма, вызывает тепловой либо солнечный удар. Климатическую информацию об опасных для здоровья населения погодных условиях – при неблагоприятных сочетаниях температуры и относительной влажности, необходимо всячески пропагандировать среди населения. Особенно информативными в этом смысле являются данные индекса жары. Шкала совместного влияния температуры воздуха и

Т а б л и ц а 79

Значения индекса жары, °С [74]

Темпе- ратура, °С	Относительная влажность, %												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
38	44	46	49	52	55	58							
37	42	44	46	49	51	54	57						
36	40	42	44	46	48	50	53	56					
34	36	37	39	41	42	44	46	48	51	53			
33	34	36	37	38	40	41	43	45	47	49	51		
32	33	34	35	36	37	39	40	42	43	45	47	49	52
31	31	32	33	34	35	36	37	39	40	42	43	45	47
30	30	31	31	32	33	34	35	36	37	39	40	42	43
29	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36	37	38	40
28	28	28	29	29	30	30	31	32	32	33	34	35	36

Т а б л и ц а 80

Характер теплового воздействия при различных индексах жары

Категория	Индекс жары, °С	Возможные расстройства здоровья для населения в группах высокого риска
1. Экстремальная опасность	54 и выше	Тепловой и солнечный удар
2. Опасность	41–54	Солнечный удар, мышечные судороги, спазм сосудов от перегрева при длительном воздействии и/или физической активности
3. Экстремальная осторожность	32–41	Возможны солнечный удар, мышечные судороги, спазм сосудов от перегрева при длительном воздействии и/или физической активности
4. Осторожность	27–32	Переутомление при длительном воздействии и/или физической активности

относительной влажности показывает, к примеру, что 30-градусная жара и относительная влажность 90% в комплексе создают для организма человека эффект повышения температуры на 10 °С (табл. 79).

Характер теплового стресса и виды реакции организма при различных индексах жары от переутомления до критического стресса – солнечного или теплового удара, приведены в табл. 80.

Для расчета эффективной температуры – индекса жары, использованы 8-срочные данные по температуре воздуха и

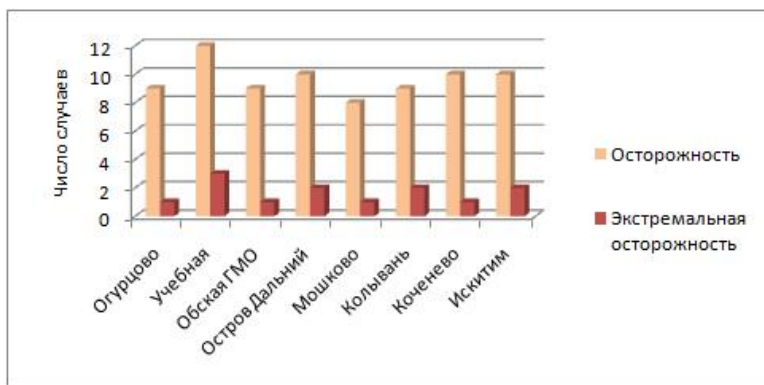


Рис. 59. Распределение индекса жары по категориям за период 1966–2013 гг.

относительной влажности, оценка повторяемости комплексов проведена в соответствии с указанными категориями теплового воздействия. Фиксировались дни с индексом жары хотя бы в один срок, и категория опасности определялась по максимальной величине индекса.

Значения индекса жары в городе и его окрестностях относятся только к двум начальным категориям – осторожность и экстремальная осторожность, причем вторая категория имеет незначительную повторяемость (1–3 случая за сезон). Опасные и экстремальные условия по индексу жары в Новосибирске и окрестностях не создаются (рис. 59).

Вероятность перегрева организма особенно высока в городской среде, где уровень температуры повышается, а скорость ветра ниже по сравнению с открытой местностью. Действительно, наиболее часто индекс жары, ориентирующий население на осторожность во время установления жаркой и влажной погоды, отмечается в черте г. Новосибирска (ст. Учебная) в среднем 12 дней в году, на остальной территории эффективная температура создает условия жары 8–10 дней за сезон. В отдельные годы отмечается до 20–30 дней с дискомфортными условиями для здоровья человека.

Следует отметить, что критерии индекса жары разработаны на основе физиологической реакции людей среднего возраста и нормальной комплекции, находящихся в состоянии покоя [74].

Душная погода. Степень комфортности погоды по показателям температуры и влажности также оценивается методом душных погод. В настоящее время в биоклиматологии выработаны специальные оценки душной погоды, хотя существуют

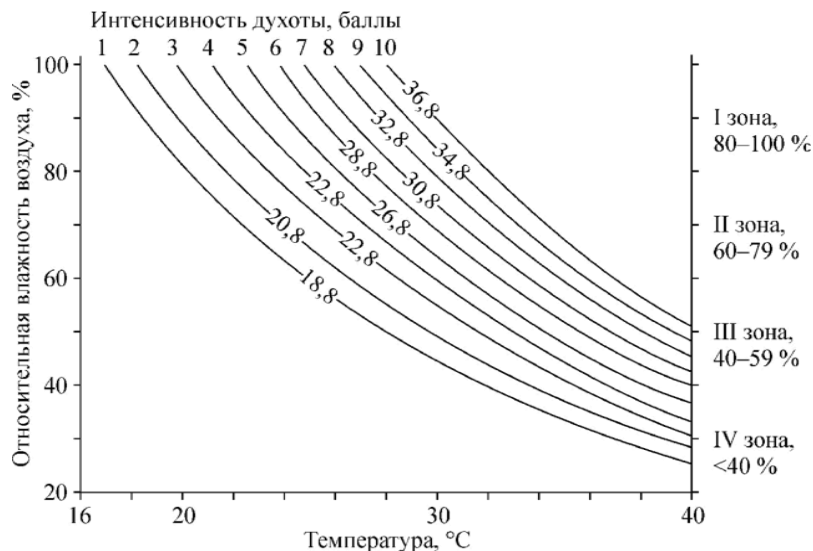


Рис. 60. Номограмма для определения интенсивности духоты [36]

обоснования различных критериев температурно-влажностного комплекса, создающего ощущение духоты [80]. Авторами [36] разработана классификация душных погод по баллам интенсивности духоты в зависимости от упругости водяного пара. Принято считать день душным, если в один из сроков наблюдений парциальное давление (упругость водяного пара) достигает или превышает 18,8 гПа (рис. 60).

Интенсивность духоты определяется в баллах от 1 до 10 при диапазоне парциального давления соответственно от 18,8 до 36,8 гПа. Нижний предел духоты соответствует температуре 16,8 °C и относительной влажности 100%, т.е. душная погода при более низкой температуре не ощущается. При температуре выше 25 °C создаются наиболее дискомфортные условия, вызывающие не только снижение работоспособности, но и ухудшение общего состояния человека. Повышение влажности препятствует испарению с поверхности тела и усиливает действие жары. Для планирования адаптационных мер по созданию искусственного климата в рабочих помещениях, спортивных залах и домашних условиях до комфортного состояния необходимо располагать данными о режиме душной погоды. Превалирующую роль влажности при формировании душной погоды наглядно демонстрирует рис. 61.

Вблизи Обского водохранилища наиболее часто формируются условия духоты – 33–36 дней в году (станции Остров Дальний, Обская ГМО).

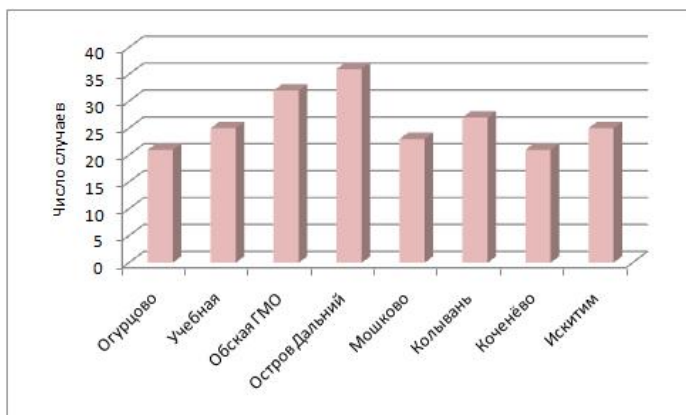


Рис. 61. Годовое число дней с душной погодой

Чаще, чем в окрестностях, создаются условия душной погоды в черте города, очевидно, благодаря более высокому уровню температуры воздуха и непосредственно после ливневого дождя (ст. Учебная, 29 дней), на остальной территории отмечается от 20 до 25 дней.

Душные дни отмечаются с мая по сентябрь, хотя в крайние месяцы их вероятность мала – раз в 10–20 лет. В сезонном ходе наибольшее число душных дней регистрируются в июле (12,6), максимум (22 дня) отмечен в 1996 г. (табл. 81). Холодное дождливое лето 2009 г. полностью исключило душную погоду.

Частота душной погоды повсеместно уменьшается с ростом интенсивности от 8–12 до 1–2 дней в диапазоне 1–5 баллов. Вероятность более высокой интенсивности невелика – не чаще 1 раза в 5–10 лет (табл. 82).

Таким образом, для региона расположения Новосибирска создаются не самые жесткие биоклиматические условия, но определенный спектр их варьирования необходимо учитывать и принимать соответствующие меры предосторожности, в том числе закрепленные нормативными документами.

Т а б л и ц а 81

Внутрисезонный ход числа дней с душной погодой

Число дней	Месяц				
	V	VI	VII	VIII	IX
Среднее	0,08	3,4	12,6	4,1	0,04
Наибольшее	1	10	22	9	1
Год	2002, 2010	2006	1996	1993	2002

Среднее число дней с душной погодой разной интенсивности

Станция	Интенсивность духоты, баллы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Огурцово	8,5	7,6	3,1	0,8	0,2	–	–	–	–	–
Учебная	10,5	10,7	6,0	1,1	0,5	0,2	0,1	–	–	–
Обская ГМО	11,0	12,3	6,4	2,1	1,3	0,2	0,1	–	–	–
Остров Дальний	11,7	10,3	8,9	2,8	1,6	0,3	0,1	0,04	–	–
Коченево	9,5	7,9	4,4	1,1	0,3	0,04	–	–	–	–
Колывань	9,7	10,0	5,4	1,7	0,7	0,2	0,04	–	–	–
Мошково	10,0	9,6	5,2	1,7	0,7	0,2	0,04	–	–	–
Искитим	10,0	8,2	4,7	1,3	0,3	0,2	0,1	0,04	0,1	0,1

Турбулентность атмосферы. Атмосферная турбулентность, причиной которой является образование в атмосфере вихрей различных масштабов, относится к классу неблагоприятных для авиации явлений. Она может создавать значительные затруднения для полета летательных аппаратов, а при экстремальном развитии даже вызвать катастрофу – гибель или разрушение самолета.

Широкомасштабные летные исследования турбулентности, проведенные в 50–70-х годах прошлого столетия, позволили получить некоторые климатические параметры явления и рекомендации к его прогнозу [81–86]. В частности, вероятность встречи самолетов с турбулентностью в нижней тропосфере на участках набора высоты и снижения над Новосибирском составляет 23–26% и сопоставима с вероятностью этого события над Москвой, Омском и Иркутском (рис. 62). Соответствующая величина максимальна над Екатеринбургом (30%) и минимальна над Хабаровском (19%). Таким образом, каждый четвертый полет сопровождается турбулентностью.

Вероятность турбулентности резко убывает с высотой от нижнего километрового слоя (37% с болтанкой) до высоты 7 км (3%), а выше несколько возрастает (до 10%). Обнаружено явное преобладание слабой и умеренной турбулентности над сильной. Необходимым условием появления последней является наличие струйного течения со скоростями порядка 200 км/ч и резкое изменение скорости потока при полете вдоль или поперек струи (на 20–50 км/ч на 100 км).

Турбулентность может достигать штормовой силы (перегрузки самолетов превышают 1,0g), проявляясь в виде резких внезапных бросков, если полет проходит над центром молодого циклона.

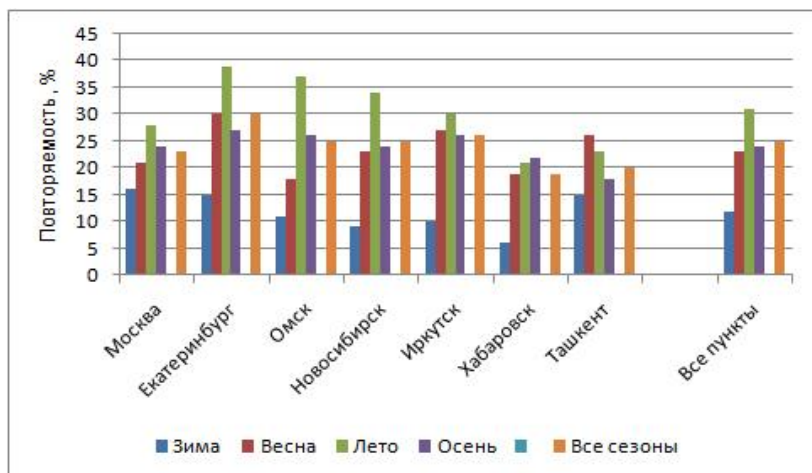


Рис. 62. Повторяемость полетов с турбулентностью на участках набора высоты и снижения над аэродромами в радиусе 200 км от пункта (18 680 полетов за 1958–1961 гг.)

Рекордный по интенсивности вертикальный порыв и перегрузка величиной 1,4g были зарегистрированы на высоте 8 км на участке полета Новосибирск–Кемерово 11.10.1959. Падение давления у земли в передней части волнового циклона диаметром 500 км превысило 20 гПа, а в центре роста – более 10 гПа за 3 ч. Порывы ветра у земли достигали 40 м/с и приводили к большим разрушениям. Кстати, циклонов с такими характеристиками в последующие 50 лет в Сибири не наблюдалось.

Интенсивность турбулентности на малых высотах определяется суммарным действием термических и динамических факторов

Т а б л и ц а 83

Зависимость средних значений вертикальных пульсационных скоростей ветра (σ_w , м/с) от высоты и типа подстилающей поверхности для теплого сезона

Подстилающая поверхность	Высота, м									
	50		150		250		500		50–500	
	<i>n</i>	σ_w	<i>n</i>	σ_w	<i>n</i>	σ_w	<i>n</i>	σ_w	<i>n</i>	σ_w
Полупустыня	54	1,31	45	1,64	93	1,59	16	1,37	208	1,51
Холмистая степь	58	1,00	39	1,23	83	1,37	40	1,04	220	1,19
Лесостепь	85	1,40	34	1,18	48	1,20	3	1,17	170	1,30
Лес	122	0,90	87	1,08	121	1,12	25	1,13	355	1,04
Тундра	6	0,85	7	1,13	6	1,24	3	0,79	22	1,04
Все виды	325	1,12	212	1,25	351	1,32	87	1,13	975	1,22

П р и м е ч а н и е. *n* – число случаев.

с учетом времени суток, широты места и ряда других факторов, объединенных в модель [85]. Географические районы, отличающиеся сезонными максимумами повторяемости сильного ветра, одновременно являются очагами роста интенсивности турбулентности в приземном слое атмосферы. К таким районам в холодный период года относится юго-восток Западной Сибири и равнинная часть Алтайского края. Летом уровень турбулентности в среднем на 40% выше, чем зимой, и растет в направлении с севера на юг (табл. 83).

Глава 18

ОПАСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПОГОДЫ

Процесс влияния погоды и климата на жизнедеятельность и экономику территорий содержит периоды неблагоприятных и порой опасных воздействий. К опасным гидрометеорологическим явлениям относятся метеорологические, агрометеорологические, гидрологические явления, воздействие которых может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также могут наносить значительный материальный ущерб [87].

В последнее время в связи с изменениями климата и повышением уровня развития экономики потери от опасных явлений возросли. По экспертным оценкам среднегодовой экономический ущерб в России, обусловленный метеорологическими причинами, в последние годы составил 60 млрд руб., и предполагается рост до 80 млрд руб. В связи с этим назрела необходимость принятия мер, нейтрализующих и (или) смягчающих действие опасных явлений. Значительная роль в увеличении фактора уязвимости различных секторов экономики принадлежит значительному износу инфраструктуры. Проведение адаптационных действий реализуется на основе оценок риска, который в количественном выражении отражает отрицательный эффект воздействия опасного явления [88–93].

Для территории ответственности Западно-Сибирского УГМС – Томской, Новосибирской, Кемеровской областей, Алтайского края и Республики Алтай с учетом местных особенностей природно-климатических условий определены критерии опасных явлений (ОЯ). Перечень метеорологических ОЯ и критерии согласно «Положению о порядке действий учреждений и организаций Западно-Сибирского УГМС при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений», утвержденному в 2008 г. [87], представлен в Прил. 12.

Для оценки вероятности опасных явлений погоды в г. Новосибирске и его окрестностях использована база данных опасных явлений погоды за период 1985–2013 гг.

Число опасных явлений на территории Новосибирска и его окрестностей приведены в табл. 84. Характеристика аномально холодной и аномально жаркой погоды дана отдельно более подробно.

В Новосибирске преобладающими являются сильные ветры ≥ 25 м/с. Наиболее ветроопасными районами Новосибирска являются территории вблизи Новосибирского водохранилища (ст. Остров Дальний) и в долине Оби (ст. Колывань), т.е. местность, открытая южным и юго-западным ветрам. Здесь такие ветры наблюдаются в среднем каждый второй год. На остальной территории сильный ветер, превышающий 25 м/с, отмечается в единичных случаях, а в застроенной части города (ст. Учебная) их нет вообще. Сильные морозы (-40°C и ниже), которые длятся не менее трех дней подряд, и очень сильные дожди (50 мм за 12 ч) возможны один раз в 5–10 лет, а то и реже.

Т а б л и ц а 84

Количество опасных явлений погоды в городе и окрестностях за период 1985–2013 гг.

Опасное явление	Станция города				Станция в окрестностях			
	Огурцово	Учебная	Обская ГМО	Остров Дальний	Коченево	Колывань	Мошково	Искитим
Очень сильный ветер	1	–	3	14	–	12	2	6
Шквал	–	–	1	–	–	1	–	–
Ураганный ветер	–	–	–	–	–	–	–	–
Смерч	–	–	–	–	–	1	–	1
Очень сильный дождь	2	–	1	2	3	1	3	–
Очень сильный снег	–	–	–	–	–	–	–	–
Продолжительный сильный дождь	–	–	1	–	–	–	–	–
Крупный град	–	–	–	1	1	1	1	–
Сильная метель	–	–	1	2	–	–	–	1
Сильная пыльная (песчаная) буря	–	–	–	–	–	–	–	–
Сильный туман	1	–	1	–	1	–	–	–
Сильный гололед	–	–	–	–	1	–	–	–
Сильный мороз	1	–	–	–	–	1	3	5
Сильная жара	1	1	–	–	1	1	–	1
Все явления	6	1	8	19	7	18	9	14

Опасное явление «очень сильный снег» – 20 мм и более за 12 ч и менее, не свойственно городу, поскольку аномальные снегопады, которые беспокоят городские коммунальные службы, в том числе последние два года (ноябрь 2010 и 2012 гг.), имеют меньшую интенсивность и относятся к категории сильных снегопадов 7–19 мм [43]. В городе не бывает сильных пыльных бурь, сопровождающихся ветром более 15 м/с и снижением видимости до 500 м, которые бы длились не менее 6 ч. Шквалы с ветром более 25 м/с крайне редки, и в пределах города отмечался один случай на окраине города вблизи Обского водохранилища. Ураганные ветры силой 30 м/с и более также не зафиксированы в городе и его окрестностях.

Оценивая подверженность города и пригорода опасным явлениям, следует иметь в виду, что погодно-климатические воздействия, создающие угрозу жизни и здоровью населения, а также экономике региона, возникают и без достижения критерия ОЯ, и при сочетании нескольких явлений, называемых комплексом неблагоприятных метеорологических явлений (КНЯ). Для Новосибирска можно привести следующий пример.

21 июля 2009 г. через территорию Новосибирской области с запада на восток со скоростью 40 км/ч проходила зона холодного атмосферного фронта, связанная с малоподвижным циклоном. В зоне фронта наблюдались контрасты давления и температуры, создавались условия для формирования мощной кучево-дождевой облачности, развития грозовой деятельности, образования града, шквалистого усиления ветра при грозах. 20 июля с 12–13 ч местного времени было передано штормовое предупреждение о комплексе неблагоприятных метеорологических условий. В г. Новосибирске по данным наблюдательных подразделений Огурцово, Обская ГМО, Филиал НЗМЦ Восточно-Сибирский филиал Метеоагентства (а/п Толмачево) днем 21 июля были отмечены следующие явления: ветер 21–23 м/с, осадки 13–15 мм за 12 ч, грозы. Шквал вызвал разрушения в разных частях города Новосибирска. По результатам обследования зафиксированы последствия. Повреждено 15 объектов: упали 3 строительных крана, повреждены крыши административных зданий и транспортные средства упавшими деревьями. Материальный ущерб в городе составил миллионы рублей. По масштабам разрушения сила ветра по шкале Бофорта составила 27–31 м/с. Поскольку все метеостанции в черте городе отметили скорость ветра 23 м/с, то, очевидно, этот случай вошел не в разряд ОЯ, а в категорию КНЯ. Вообще обращает на себя внимание тот факт, что ст. Огурцово, условие местоположения которой характеризуется как ровное и открытое место,

за 26 лет (1985–2010 гг.) не зарегистрировала скорость ветра 25 м/с, и лишь в апреле 2011 г. появился случай ОЯ –28 м/с.

К числу опасных явлений относится аномально холодная и аномально жаркая погода.

Аномально холодная погода (АХП) – минимальная температура воздуха, равная и ниже -35°C в течение 5 дней и более [87]. В табл. 85 приведены периоды АХП за весь период наблюдений в Новосибирске.

Согласно используемым в климатологии подходам, периоды, переходящие из одного месяца в другой, отнесены к тому месяцу, где отмечено больше дней; при равном числе дней весь период включается в месяц, более близкий к центральному зимнему месяцу.

За 114-летний период в Новосибирске было отмечено 40 случаев с аномально холодной погодой. В среднем длительный мороз возможен раз в 3 года. Фактически после 1969 г. аномальные холода не отмечались вплоть до 1977 г., но затем были отмечены после 20-летнего перерыва – периода потепления зим.

Т а б л и ц а 85

**Случаи с аномально холодной погодой и продолжительность периодов
(5 дней и более) за 1900–2013 гг.**

Ноябрь		Декабрь		Январь		Февраль	
Год	Дни	Год	Дни	Год	Дни	Год	Дни
1952	7	1901	5	1900	5; 5	1906	6
		1916	5	1907	5	1931	5
		1918	7	1915	6	1957	6
		1920	7	1919	10	1969	5; 10
		1929	5	1930	5	1974	6
		1935	7	1931	8	1977	5
		1938	7	1933	5		
		1941	5	1939	5		
		1946	8	1940	8		
		1947	8	1960	5		
		1955	8	1966	10		
		1958	5	1969	17		
		1966	8	1977	5		
		1976	5	1979	5		
		2012	9	2001	5		
				2006	5		
					17		
Число периодов	1		15				7

Характеристики аномально холодной погоды, 1985–2013 гг.

Станция	Число лет с ОЯ	Число случаев	Т _{ср} , дни	Т _{макс}	Зима
Огурцово	3	3	6	8	2012/13
Учебная ГМС	2	2	6	8	2012/13
Обская ГМО	3	3	6	9	2012/13
Колывань	4	4	7	9	2000/2001, 2012/13
Мошково	3	3	8	9	2000/2001, 2012/13
Искитим	8	10	6	10	1997/98

В первом десятилетии текущего столетия отмечено 2 случая аномально холодной погоды, причем чаще всего они отмечаются в январе, а по территории окрестностей резко отличается Искитим, где создаются благоприятные условия для выхолаживания воздуха. Несмотря на резонанс, который получила зима 2009/10 г., аномально холодная погода как опасное явление не состоялось, поскольку наибольший непрерывный период с минимальной температурой ниже -35°C составил 4 дня.

Самый длительный период (17 дней) имел место в конце января 1969 г., три случая длительностью 10 дней наблюдались в январе 1919 и 1966 гг. и в феврале 1969 г.

На интервале рассматриваемого тридцатилетия (табл. 86) аномально холодная погода отмечалась примерно один раз в 10 лет, средняя продолжительность составляет 6–7 дней.

Самая длительная аномально холодная погода отмечалась зимой 2012/13 г. и 2000/2001 г. В Искитиме, расположенном в холмистой, залесенной местности, низкие температуры наблюдались чаще (8 случаев), «рекорд» относится к холодному периоду 1997/98 г.

Аномально жаркой считают погоду с максимальной температурой воздуха 30°C и выше в течение 5 суток и более. Длительные засушливые периоды вызывают тепловые стрессы у растений, животных, создают нагрузки на организм человека, отрицательно воздействуют на коммуникационные сети и дорожные сооружения. Особую важность приобретает использование данных о режиме высоких температур при разработке мер, направленных на предотвращение пожаров. Вообще, экстремальная длительная жара в центральных районах России летом 2010 г. продемонстрировала весь спектр тяжелейших последствий на сферы жизнедеятельности, вылившиеся в огромные социально-экономические потери.

Характеристики аномально жаркой погоды, 1985–2013 гг.

Станция	Число лет с ОЯ	Вероятность ОЯ	$\tau_{\text{ср}}$, дни	$\tau_{\text{макс}}$	Год
Огурцово	7	0,30	6	9	1998
Учебная ГМС	9	0,38	6	10	1998
Обская ГМО	5	0,21	7	9	1998
Остров Дальний	4	0,15	7	9	1998
Коченево	7	0,27	6	8	1999
Колывань	7	0,27	6	7	1999
Мошково	5	0,21	6	9	1998
Искитим	11	0,46	7	10	1998

Аномально жаркая погода наблюдается в Новосибирске в среднем раз в 3–4 года, а в окрестностях города частота жарких периодов зависит от особенностей местных условий (табл. 87).

К примеру, почти вдвое реже (раз в 10–15 лет) отмечается опасно жаркая погода непосредственно вблизи водоема – Обского водохранилища (Обская ГМО и Остров Дальний), которое оказывает смягчающее действие на суточный и годовой ход температуры воздуха. Самым жарким местом в окрестностях Новосибирска является Искитим (южная станция, промышленный район), где в отличие от других мест аномально жаркие периоды повторялись дважды в году. Средняя продолжительность аномально жаркой погоды составляет 6–7 дней, но более 10 дней подряд 30-градусная жара не сохраняется.

Зафиксированные экстремумы длительности ОЯ свидетельствуют о большой площади одновременного охвата, т.е. подверженной опасному явлению оказалась практически вся территория города и его окрестностей.

На протяжении 48 лет частота высокой температуры воздуха (30 °C и выше) испытывала заметные колебания (рис. 63). Наибольшее число жарких дней отмечено в конце 60-х годов, включая самое жаркое лето 1969 г., и в конце прошлого столетия (два аномальных жарких летних сезонов 1998 и 1999 гг.). Благодаря малому числу дней с $T \geq 30$ °C в 2009 и 2013 гг., ветвь повторяемости высоких температур пошла на спад, несмотря на очень жаркое лето 2012 г. Полином третьей степени описывает сглаженные по скользящим 11-летиям изменения повторяемости высоких температур на предельно высоком уровне значимости ($p = 0,1\%$).

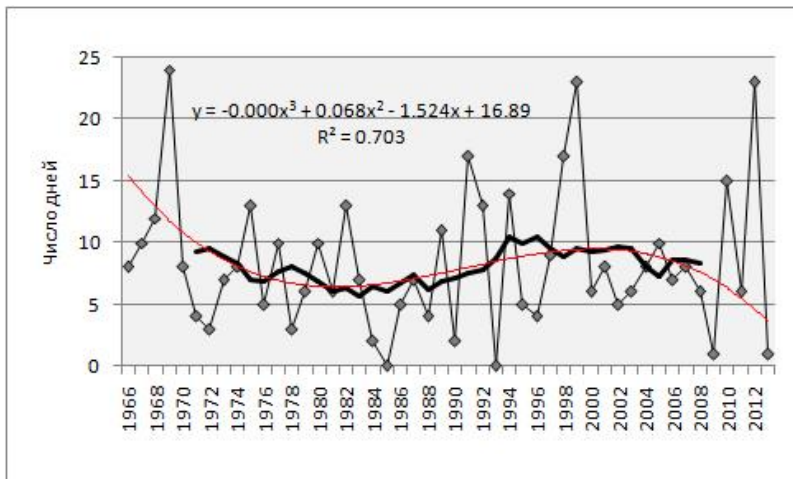


Рис. 63. Многолетние изменения числа дней с максимальной температурой воздуха 30 °C и выше.

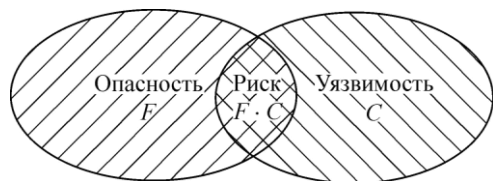
Жирная черная линия означает ход скользящих 11-летних средних значений, красная линия — кубический тренд

Риски, создаваемые опасными явлениями. Опасные явления погоды служат основной причиной аварий и катастроф, связанных с метеорологическими факторами. При значительной зависимости экономики от климата, особенно увеличивающейся в последние десятилетия, возрастает ответственность за принятие климатообусловленных решений. Для этого следует оценить возможные риски от опасных явлений, сопоставить их с величиной допустимого риска и принимать после этого решения об адаптации. В соответствии с принятым положением риск есть функция двух переменных: частоты и последствий нежелательного события. Погодно-климатический риск обычно определяют как вероятность негативных последствий или ожидаемых потерь по метеорологическим причинам (рис. 64).

К традиционным методам оценки ущербов и рисков относятся: эмпирический, эвристический (с помощью экспертных оценок) и вероятностный (численное моделирование, байесовский подход). В настоящее время в ГГО им. А.И. Воейкова разработан и апробирован на целом ряде опасных явлений

Рис. 64. Модель риска.

F — частота возникновения опасности события, C — вероятность ущерба



эмпирический метод оценки рисков. Расчет риска основан на вероятностной оценке уязвимости людей, попадающих в зону поражения, и выражается в денежном эквиваленте, в доле ВВП на душу населения и равной ей доли основного фонда [58, 91, 95].

Формула расчета социального риска:

$$R_{\text{соц}} = p \cdot (s/S) \cdot L \cdot \tau \cdot K_a. \quad (10)$$

Здесь R – социальный риск реализации неблагоприятного события; p – вероятность события; s – средняя площадь, занимаемая ОЯ, км²; S – площадь территории, км²; L – численность населения на рассматриваемой территории; τ – продолжительность действия ОЯ, дни; K_a – коэффициент агрессивности явления.

Вероятность $p = n/N$, где n – число случаев ОЯ; N – общее число лет наблюдений. Когда ОЯ наблюдалось несколько раз в году, вероятность лет с ОЯ определяется как $p = N'/N$, где N' – число лет с явлением. В этом случае полученный риск (от одного явления) умножается на максимальное число явлений в году. Таким образом, $R = p \cdot (s/S)$ есть риск неблагоприятного события.

Общая формула социального риска или вероятности поражения реципиента (любого объекта в пределах территории) имеет вид

$$R_{\text{соц}} = p \cdot (s/S) \cdot (s_i/S) \cdot L \cdot \tau \cdot K_a, \quad (11)$$

где s_i – площадь реципиента, т.е. любого объекта на территории. Основой экономического управления риском является определение экономического ущерба (Y), создаваемого опасным событием. Общий ущерб на территории является экономическим риском $R_{\text{эк}}$. Формула расчета экономического риска имеет вид

$$R_{\text{эк}} = Y = A \cdot R_{\text{соц}}. \quad (12)$$

Здесь A – коэффициент, называемый ценой риска и полагаемый равным доле ВВП и основного фонда России, приходящегося на одного жителя России. В 2008 г. ВВП РФ составлял 189 тыс. руб. на одного жителя России, такая же величина цены основного фонда (ОФ).

Для перехода к экономическому риску необходимо количественно оценить ущерб, используя ВВП. При этом определяется продолжительность каждого ОЯ и рассчитывается доля ущерба за период соответствующей продолжительности.

Опасные явления различаются по степени агрессивности (рис. 65). Например, смерч опасен для жизни человека, попавшего в зону



Рис. 65. Коэффициенты агрессивности опасных явлений K_a

поражения, а сильный дождь не приводит, как правило, к гибели людей, а приносит большой ущерб экономике страны и жизнедеятельности населения.

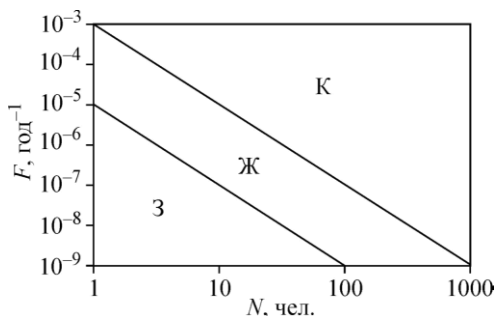
Оценка допустимости рисков проводилась согласно классификации рисков, относящихся к трем категориям: чрезмерные ($\geq 10^{-2}$), приемлемые (10^{-3} – 10^{-4}) и пренебрежимые ($\leq 10^{-5}$) [94]. В области приемлемых рисков решается вопрос об адаптации для достижения гидрометеорологической безопасности на основе экономических оценок (рис. 66).

Расчет экономического риска опасных явлений на территории окрестностей Новосибирска приведен в табл. 88. Площадь окрестностей, представленных пятью муниципальными образованиями: Новосибирский, Коченевский, Колыванский, Мошковский и Искитимский районы, составляет $16\,324\text{ км}^2$, численность населения – 1,7 млн. человек. В качестве цены риска принята суточная и годовая величина ВВП на душу населения, и только для наиболее агрессивного ОЯ – смерча, взята совокупная доля ВВП и основного фонда.

Рис. 66. Классификация риска (голландский вариант).

F – частота аварий, N – число погибших в аварии.

Риск: К – чрезмерный (недопустимый), Ж – приемлемый, З – пренебрежимый (допустимый)



**Расчет экономического риска (год), создаваемого опасными
метеорологическими явлениями, в Новосибирске и окрестностях
за 1985–2009 гг.**

Опасное явление	N'	p	s , км ²	s/S	τ , ч	$R_{соц'}$ тыс. чел.	$A(\tau)$, тыс. руб.	$R_{эк}$, млн руб.	$P = p \cdot s/S$
Ветер	11 *	0,44	5500	0,34	5,0	254,3	0,52	132,3	$1,5 \cdot 10^{-2}$
Шквал	2	0,08	2400	0,15	0,05	28,6	189	5,4	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Смерч	2	0,08	1,6	$9,8 \cdot 10^{-5}$	0,14	80,0	378	31,6	$7,8 \cdot 10^{-6}$
Гололед	1	0,04	1600	0,1	90	62,9	0,52	32,7	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Град	4	0,16	15	$9,2 \cdot 10^{-4}$	0,05	0,765	189	144,0	$1,5 \cdot 10^{-4}$

* Число лет с явлением N' .

Риски ущерба, возможные в любой точке окрестностей Новосибирска, включая город, попадают в область недопустимых и приемлемых, исключая смерч. Значительную уязвимость создают большая плотность населения и сосредоточение инфраструктуры. Наибольший риск ущерба экономике Новосибирска и его окрестностей могут создать сильный ветер и крупный град, потенциальные потери от воздействия опасных явлений за год составляет 130–150 млн. руб., риск от других ОЯ – на порядок меньше.

Глава 19

СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Химическое загрязнение атмосферного воздуха. Под атмосферным загрязнением обычно понимают присутствие в воздухе различных газообразных и твердых веществ, которые оказывают неблагоприятное влияние на человека, живые организмы, растительность и ухудшают их жизненные условия.

Источниками антропогенного загрязнения воздуха, связанного с производственной деятельностью людей, являются промышленные предприятия, электростанции, котельные, а также автомобильный, водный, железнодорожный и воздушный транспорт. Загрязнение атмосферы зависит и от естественных, природных причин: извержения вулканов, пыльных и песчаных бурь, лесных и торфяных пожаров.

В 1965 г. приказом Главного управления Гидрометслужбы была создана Всесоюзная экспедиция, состоящая из нескольких отрядов, в том числе и Сибирского, основным направлением деятельности которых стало изучение связей уровня загрязнения воздуха с метеорологическими условиями [96–102].

Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха города Новосибирска были начаты в 1966 г. и проводятся на 10 стационарных постах Государственной службы наблюдений за состоянием загрязнения окружающей среды (ПНЗ). Количество постов обычно определяется в соответствии с численностью населения города по принципу: один пост на один район (рис. 67). Это позволяет дать оценку загрязнения атмосферного воздуха в целом по городу. ПНЗ условно нумеруются и подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (посты № 24, 26, 47, 54), «промышленные» вблизи предприятий (посты № 18, 19, 25) и «авто» вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта (посты № 1, 21, 49). Наблюдения ведутся за следующими загрязняющими веществами: взвешенные вещества, диоксид азота, аммиак, бенз(а)пирен, озон, диоксид серы, фенол, сероуглерод, сероводород, оксид углерода, формальдегид.

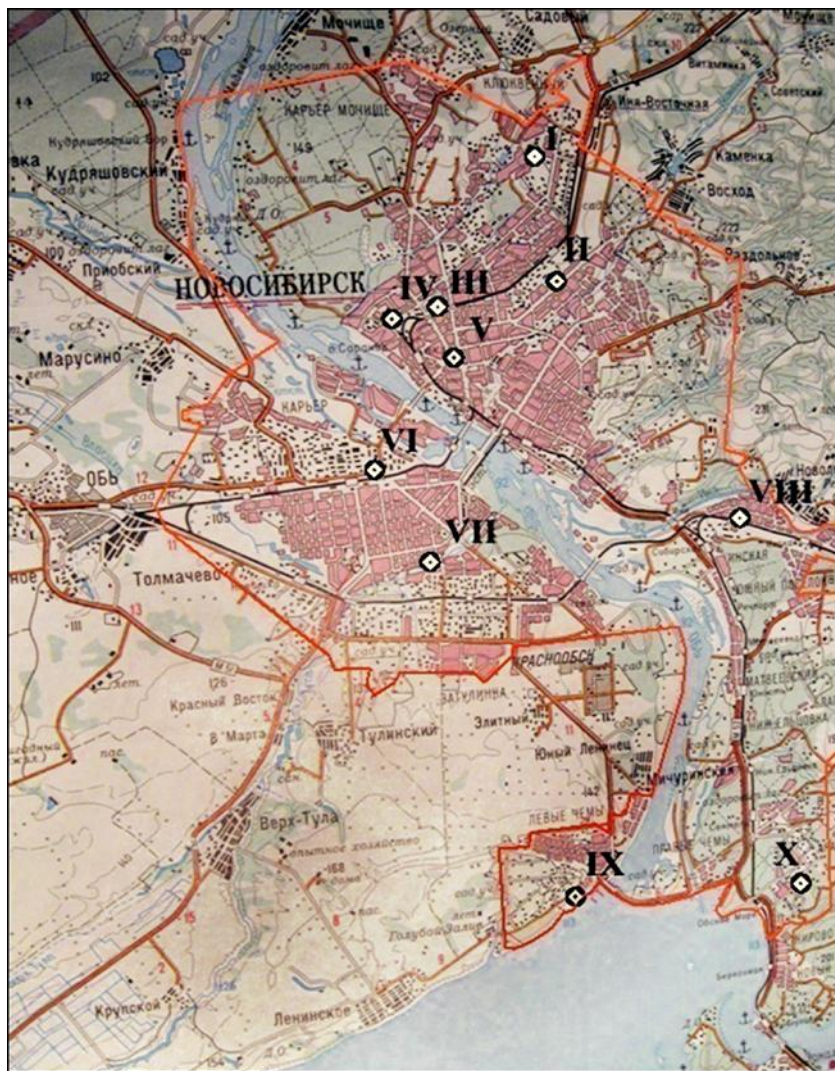


Рис. 67. Схема расположения пунктов контроля загрязнения воздуха
в г. Новосибирске.

- I – № 24, ул. Столетова, 1; II – № 18, пр. Дзержинского, 15; III – № 26, ул. Линейная, 33;
 IV – № 21, Ельцовская, 5; V – № 1, Советская, 30; VI – № 19, Восточный поселок, 11;
 VII – № 25, Горбана, 12; VIII – № 54, Чапаева, 1; IX – № 47, Новоморская, 28;
 X – № 49, Лаврентьева, 16

Основной физической характеристикой содержания вредных веществ в атмосфере является концентрация, т.е. количество вещества, содержащегося в единице объема воздуха. Обычно ее измеряют в мг/м^3 или мкг/м^3 . Этот показатель характеризует физические, химические и другие виды воздействия на окружающую среду. Единичные значения концентрации примеси – величина случайная, поэтому для определения уровня загрязнения атмосферы используют статистические характеристики:

- среднюю концентрацию примеси в воздухе за месяц или год;
- среднее квадратическое отклонение;
- максимальную (измеренную за 20 мин) разовую концентрацию примеси.

Степень загрязнения воздуха определяется по значениям средних и максимальных разовых концентраций примесей, которые сравниваются с предельно допустимой концентрацией (ПДК), установленной Минздравсоцразвития России для населенных пунктов [103]. Судя по данным табл. 89, существующие критерии и методические подходы к оценке качества воздуха, рекомендованные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и установленные в России, существенно различаются.

Предельно допустимая концентрация определяется с позиции здоровья человека. Принято считать, что единичное значение ПДК не оказывает на человека и его потомство прямого или косвенного воздействия, не ухудшает его работоспособность, самочувствие и санитарно-бытовые условия жизни. Однако растения и животные более чувствительны, чем человек, к загрязнению атмосферного воздуха [104, 105]. Поэтому поднимается вопрос о необходимости пересмотра базовых принципов природоохранного законодательства России и перехода на комплексные оценки для природных сред, т.е. на экологическое нормирование [106].

Чистым воздух в городе считается в том случае, если ни по одному загрязняющему веществу не имеются превышения ПДК. На территориях, где расположены санатории и дома отдыха, концентрации примесей, загрязняющих атмосферный воздух, не должны превышать 0,8 ПДК [107].

В настоящее время используются три показателя качества воздуха:

- индекс загрязнения атмосферы (ИЗА);
- стандартный индекс (СИ);
- наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК.

ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Его величина рассчитывается по значениям

**Критерии качества воздуха, рекомендованные ВОЗ, и
предельно допустимые концентрации Минздравсоцразвития
России для некоторых загрязняющих веществ, мкг/м³**

Вещество	Стандарт ВОЗ			ПДК, Россия	
	1 год	24 ч	1 ч	24 ч	20 мин
Азота диоксид	40		200	40	200
Аммиак				40	200
Бенз(а)пирен	0,001			0,001	
Бензол	5			100	300
Марганец	0,15			1,0	
Никель				1,0	
Озон		100 (8 ч)		30	160
Ртуть	1,0			3,0	
Свинец	0,5			0,3	1,0
Серы диоксид	50	20	500 за 10 мин	50	500
Сероуглерод				5	30
Сероводород					8
Стирол		260 (1 нед)		2	40
Суммарные взвешенные частицы, СВЧ				150	500
Твердые частицы, ТЧ ₁₀		50			
Твердые частицы, ТЧ _{2,5}	10	25			
Толуол		260 (1 нед)			600
Углерода оксид, мг/м ³		10 (8 ч)	30	3	5
Фенол				3	10
Формальдегид			100 за 30 мин	3	35
Фторид водорода				5	20
Этилбензол				—	20
Сажа				50	150

Пр и м е ч а н и е. ТЧ₁₀ и ТЧ_{2,5} – соответственно частицы с диаметром 10 и 2,5 мкм

среднегодовых концентраций примесей и характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

СИ – стандартный индекс, т.е. наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК. Он определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью или на всех постах города за всеми примесями за месяц или год и характеризует степень кратковременного загрязнения.

НП – наибольшая повторяемость (в процентах) превышения максимальной разовой ПДК по данным наблюдений за одной примесью на всех постах территории города за месяц или год.

Комплексный ИЗА – $I(n)$, учитывающий n загрязняющих веществ, рассчитывается по формуле

$$I(n) = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n (q_{срi} / \text{ПДК}_{с.с.i})^{C_i}, \quad (13)$$

где $q_{срi}$ – средняя годовая концентрация i -го загрязняющего вещества; ПДК с.с. i – его средняя суточная предельно допустимая концентрация; C_i – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности i -го загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы.

Значения C_i равны 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1-, 2-, 3- и 4-го классов опасности загрязняющего вещества.

В информационных документах для оценки уровня загрязнения воздуха рассчитывается величина ИЗА (5) для пяти наиболее загрязняющих веществ по формуле (13), в которой $n = 5$. В соответствии с установленными нормами считается, что уровень загрязнения атмосферы: повышенный, если ИЗА = 5–6, СИ < 5, НП < 20 %; высокий, если ИЗА = 7–13, СИ = 5–10, НП = 20–50 %; и очень высокий, если ИЗА ≥ 14, СИ > 10, НП > 50 %.

Индекс загрязнения атмосферы в Новосибирске за период 1992–2009 гг. уменьшился с 24,45 до 11,24 в основном за счет спада промышленного производства (рис. 68). Качество атмосферного воздуха значительно улучшилось, но уровень загрязнения продолжает оставаться высоким. Об этом же свидетельствуют значения СИ, находящиеся в интервале от 7 до 10, и величины НП, не превышающие 50 %.

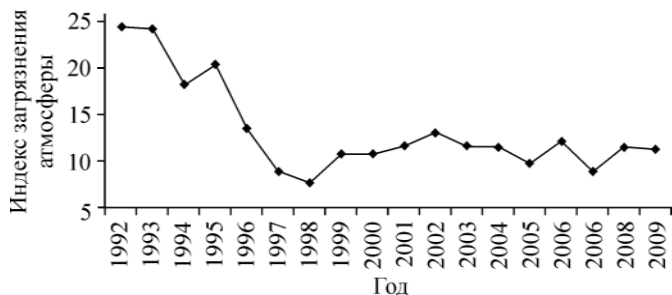


Рис. 68. Динамика изменения индекса загрязнения атмосферы

Медиками предпринимались попытки установить связь величин ИЗА с заболеваемостью населения городов. Оказалось, что при ИЗА = 7 формируется один новый случай злокачественных новообразований, а при ИЗА = 14 – два случая [108]. При таком значении ИЗА следует ожидать также 15 случаев заболеваемости взрослых гриппом и ОРЗ на 100 жителей и 145 случаев заболеваемости детей в группе до 2 лет. Хотя такие оценки и приняты в РД как показатели ситуации в городах, их следует считать условными.

В последние годы в г. Новосибирске, как и в других городах, резко увеличилось количество автомобилей, вследствие чего суммарные выбросы загрязняющих воздух примесей от автотранспорта стали преобладающими. Учет таких выбросов ведется по количеству сожженного бензина и дизельного топлива.

В 1989 г. функции охраны атмосферного воздуха, в том числе и вала выбросов вредных веществ в атмосферу, были переданы из Госкомгидромета в Министерство природы СССР (ныне Министерство природных ресурсов и экологии РФ). Была разрушена единая методологическая основа определения и учета вала выбросов вредных веществ в атмосферу, и появились проблемы в сопоставимости показателей уровня загрязнения воздушной среды. После 2002 г. в Ежегодниках состояния загрязнения атмосферного воздуха перестали публиковаться материалы о выбросах от автотранспорта и суммарных выбросах. Как следствие этого, отсутствует информация о суммарной плотности выбросов на душу населения и на единицу площади городов (табл. 90).

Т а б л и ц а 90

**Вал выбросов вредных веществ в атмосферу
в 1989–2008 гг., тыс. т/год**

Год	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
$M_{\text{п}}$	235,1	–	204,2	162,0	157,9	123,0	104,4	105,5	90,7	10,7
$M_{\text{а}}$	108,7	–	208,3	202,1	141,1	90,3	79,6	73,9	121,3	187,1
$M_{\text{п}}+M_{\text{а}}$	343,8	306,6	412,5	364,1	299,0	213,3	184,0	179,4	212,0	288,8
Год	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
$M_{\text{п}}$	88,5	101,7	87,3	94,2	95,2	98,4	109,1	104,0	98,6	108,8
$M_{\text{а}}$	167,2	201,1	209,6	209,5	–	–	–	–	–	–
$M_{\text{п}}+M_{\text{а}}$	255,7	302,8	296,9	303,7	–	–	–	–	–	–

П р и м е ч а н и е. $M_{\text{п}}$, $M_{\text{а}}$ – суммарные выбросы соответственно от предприятий и транспорта. С 2003 г. информация о вале выбросов от автотранспорта отсутствует.

В результате интенсивного спада промышленного производства в Новосибирске в 90-х годах прошлого века произошло значительное сокращение вала выбросов вредных веществ в атмосферу от промышленных предприятий (с 235,1 тыс. т в 1989 г. до 87,3 тыс. т в 2001 г.). В последующие 10 лет начался медленный рост объема выбросов, достигнув 108,8 тыс. т в 2008 г. Вал выбросов вредных веществ в атмосферу от автотранспорта также уменьшался до 1996 г., составив 73,9 тыс. т, а затем снова стал увеличиваться.

К основным загрязняющим атмосферу г. Новосибирска веществам, концентрация которых превышает ПДК, и с учетом их опасности для здоровья относятся: бенз(а)пирен, формальдегид, взвешенные вещества, диоксид азота, оксид углерода. Наибольшие средние годовые концентрации взвешенных веществ в городе отмечались в 2003 и 2004 гг., к 2009 г. возросли концентрации бенз(а)пирена, аммиака, оксида азота, снизились концентрации сероуглерода (табл. 91).

Бенз(а)пирен – вещество первого класса опасности с ярко выраженным канцерогенным действием. Концентрация бенз(а)пирена дана в нанограммах на метр кубический. ПДК $CC = 0,000001 \text{ мг/м}^3$. Максимальная концентрация бенз(а)пирена наблюдается в холодный период года в безветренную погоду. Летом бенз(а)пирен разрушается под действием ультрафиолетового излучения солнца и вымывается дождем.

Т а б л и ц а 91

Среднегодовые концентрации основных загрязняющих примесей,
мкг/м³

При- месь	Год											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ВВ	165	194	176	202	224	250	262	205	238	199	207	213
СО	1871	1913	1669	2275	2569	2482	1672	2041	2063	1945	1720	3290
NO ₂	53	46	49	54	62	39	43	33	54	56	–	54
NH ₃	50	50	44	46	39	37	31	41	59	33	34	73
Ф	7	10	11	9	9	4	6	5	8	6	–	–
NO	23	16	15	25	28	10	12	11	29	29	–	39
CS ₂	6	7	6	5	6	5	8	5	6	4	2	4
БП	–	1,8	1,4	2,2	2,5	2,9	3,2	2,8	2,6	1,9	2,1	4
H ₂ S	–	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

П р и м е ч а н и е. ВВ – взвешенные вещества; СО – оксид углерода; NO₂ – диоксид азота; NH₃ – аммиак; Ф – формальдегид; NO – оксид азота; CS₂ – сероуглерод; БП – бенз(а)пирен; H₂S – сероводород.

Формальдегид – вещество второго класса опасности. $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,005 \text{ мг/м}^3$. $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,02 \text{ мг/м}^3$ (в индексе: сс – средняя суточная концентрация; мр – максимальная разовая концентрация). Среднегодовая концентрация формальдегида в целом по городу превышала допустимую норму в 2–3 раза и несколько уменьшилась в конце первого десятилетия XXI в. Концентрации формальдегида существенно возрастают вблизи автомагистралей в летние месяцы при высокой интенсивности солнечной радиации. При повышении температуры воздуха до 35°C и выше и влажности 85–95 % его токсическое действие усиливается.

Взвешенные вещества или пыль – примесь третьего класса опасности. $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$, $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$. В отличие от газовых примесей взвешенные вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух промышленными предприятиями, а также дорожная пыль, поднимаемая ветром, хорошо видны. В зависимости от размеров частиц и погоды они находятся в атмосфере от нескольких минут до трех недель. Самая крупная пыль выпадает вблизи источника, легкая пыль уносится ветром на расстояние 100–150 км. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ в Новосибирске превышают санитарно-гигиенический норматив в 1,2–1,6 раза. Максимальные концентрации пыли за период 1985–1994 гг. достигали 26–33 ПДК, но значительно (в 3 раза) снизились в последнее десятилетие благодаря снижению выбросов промпредприятий и улучшению качества дорог. Высокие концентрации пыли и сажи обнаруживаются в теплое время года не только благодаря изменению характера подстилающей поверхности, но и при переносе дыма от лесных пожаров, сжигания бытового мусора и сухих листьев. Наиболее запылен Первомайский район. Здесь расположено множество индивидуальных жилых домов, мелких котельных, асфальтобетонный, стрелочный, электровозоремонтный заводы, самая мощная в городе ТЭЦ-5, значительная интенсивность движения железнодорожных составов, перевозящих уголь с Кузбасса. Заводы, а также сильно загруженные транспортом автодороги являются источниками высокой загрязненности атмосферы в Ленинском районе. Несколько чище атмосфера в Советском и Калининском районах.

Диоксид азота – вещество второго класса опасности. $\text{ПДК}_{\text{сс}} = 0,04$, $\text{ПДК}_{\text{мр}} = 0,20 \text{ мг/м}^3$. Источники загрязнения – промышленные отходы, тепловые электростанции, транспорт. По данным наблюдений в Новосибирске средняя годовая концентрация диоксида азота в последние 10 лет находится в пределах $39\text{--}62 \text{ мкг/м}^3$, что превышает ПДК в 1,2–1,9 раза.

Оксид углерода (СО) – вещество четвертого класса опасности. Почти весь оксид углерода образуется в выхлопных газах автотранспорта. Средние концентрации примесей этого газа в воздухе Новосибирска существенно не менялись, составляя менее 1 ПДК, однако измеренные максимумы превышали среднюю величину в 10 раз и более. Это происходит в периоды так называемых застойных ситуаций: штилевая погода и условия роста температуры с высотой. Повышенные концентрации СО чаще регистрируются в Первомайском и Завельцовском районах.

Кроме названных выше примесей, другие также определяют негативное воздействие. Так, содержание *аммиака* – вещества четвертого класса опасности, в атмосфере Новосибирска выше, чем среднее по городам России (33 мкг/м³). В 2009 г. его концентрация выросла вдвое по сравнению с 2008 г. (с 34 до 73 мкг/м³).

Содержание *фенола* (карболовая кислота – вещество второго класса опасности) в воздухе Новосибирска незначительно, хотя в последние годы его концентрация стала превышать допустимую норму.

В течение 2007–2012 гг. в городе на двух ПНЗ ведутся наблюдения за концентрацией *озона* (О₃). Среднее значение составило 12, максимальное – 36 мкг/м³. Например, в Санкт-Петербурге эти величины составили соответственно 19 и 28 мкг/м³. Озон образуется в загрязненной атмосфере в результате фотохимических реакций под воздействием солнечной радиации. Он вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, носа, горла, кашель, головокружение, упадок сердечной деятельности.

Максимальные концентрации частиц тяжелых металлов (магний, железо, цинк, свинец и др.) всегда намного ниже допустимых значений по санитарно-гигиеническим нормам.

Таким образом, результаты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха свидетельствуют о том, что качество его в Новосибирске в целом за последние годы улучшилось, но по-прежнему всегда остается неудовлетворительным.

Радиоактивное загрязнение атмосферы. Открытие и использование ядерной энергии выдвинули на повестку дня совершенно новый спектр риска, связанного с радиационной опасностью. Этот риск возникает не только у людей, работающих в этой сфере, но и в быту, например, при медицинских процедурах, рентгенодиагностике. Гораздо более опасным является облучение населения при радиационных авариях на ядерных объектах и ядерных испытаниях, которым подвергалось большое количество людей и среда их обитания в годы холодной войны.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР в 1961 г. в системе Гидрометслужбы была создана опорная сеть станций, в задачу которых входило наблюдение за радиоактивным заражением атмосферы и местности. В Новосибирске такие наблюдения начаты в 1954 г. и производятся до настоящего времени. Определяется мощность экспозиционной дозы излучения с поверхности земли, плотность и концентрация выпадающих радионуклидов. В Новосибирске проводилась также самолетная радиационная разведка, данные которой были отправлены в г. Обнинск на радиохимический анализ. В 1961 г. в Западно-Сибирском управлении Гидрометслужбы была открыта Региональная радиометрическая лаборатория. Сюда начали поступать пробы на радиоактивный анализ от метеостанций всего Урало-Сибирского региона.

В 1965 г. в Новосибирске на территории агрометеорологической станции Огурцово был открыт первый и единственный до настоящего времени пункт наблюдений за радиоактивностью аэрозолей. Определялось содержание в приземном слое воздуха стронция-90, цезия-134 и 137, церия-141 и 144, рутения-103 и 106, ниобия-95, циркония-95, сурьмы-125 и четыре ряда других радионуклидов.

Аналогичная работа по оценке радиоактивного заражения продуктов питания и питьевой воды проводилась службой санитарно-эпидемиологического надзора города.

Когда уровень радиоактивного загрязнения среды обитания человека в глобальных масштабах достиг опасных пределов, в 1963 г. в Москве был подписан Международный договор о прекращении ядерных испытаний в атмосфере, космическом пространстве и под водой. Испытания были перенесены под землю, что значительно снизило радиационный риск для природы и населения.

В этот период на территории г. Новосибирска были проведены авиационные гаммасъемки и пешеходные радиометрические обследования. Первоначально обнаружены на площади свыше 100 км² радиационные аномалии с уровнем фона от 40 до 3000 мкР/ч. Основной загрязнитель – радий-226, носители: грунт, стройматериалы, металл, утерянные ампулы, старые приборы. Мэрией города, руководством Новосибирского завода химконцентратов (НЗХК), оловозавода опасные источники ликвидированы. Однако остались отдельные загрязненные места на территории хвостохранилища НЗХК и в пойме р. Ельцовка-2 участки площадью 200–800 м², где фон сохраняется до 100 мкР/ч, а с глубиной растет. Принято решение о консервации поймы реки Ельцовка-2, прекращении доступа населения и хозяйственной деятельности в границах этого участка.

Позднее в Калининском районе обнаружено еще 5 площадных и 29 локальных радиоактивных аномалий с уровнями мощности дозы от 150 до 5600 мкР/ч. Эти участки находятся у границ и за пределами городской черты, вдоль трубопровода к хвостохранилищу НЗХК, на месте бывших складов, на землях, отошедших к другим пользователям: ТЭЦ-4, радиоцентру. Загрязнение было отмечено на землях садоводческих товариществ, на местах отвалов оловокомбината. В школе № 60 г. Обь изъяты списанные гамма-излучающие приборы, поступившие в порядке шефской помощи от авиаторов Толмачево. С целью утилизации этих отходов западнее города у поселка Чик создан и свыше 50 лет работает пункт захоронения радиоактивных отходов, где обес печивается их безопасное хранение [109, 110].

Огромные территории Сибири оказались в зоне радиоактивного загрязнения, связанного с атмосферным переносом и выпадением продуктов ядерных взрывов. Локальные выпадения из облака ядерного взрыва, прогремевшего 17.09.1961 (табл. 92) сопровождалась дождем

Т а б л и ц а 92

Ранжирование ядерных взрывов по степени радиационного воздействия на территорию юга Западной Сибири (по наблюдениям в Новосибирске, Барнауле и Карасуке в 1954–1981 гг.)

Полигон, количество ядерных взрывов	Данные о взрывах			Данные о выпадениях, мКи/км ²		
	Высо- та, м	Дата	Мощ- ность, кТ	Место	Суточ- ный мак- симум	Сред- нее за месяц
Семипала- тинский (1)	700	17.IX. 1961	20–150	Новосибирск 18–19.IX.1961	641,6	40,56
Семипала- тинский (1)	0	07.VIII. 1962	9,9	Барнаул 08–09.VIII.1962	645,1	28,20
Новая Земля (1)	1300	02.IX. 1962	80	Барнаул 07–08.IX.1962	123,0	11,40
Семипала- тинский (1)	0	24.XII. 1962	0,008	Новосибирск 25–26.XII.1962	98,9	7,40
Новая Земля (2)	2700	06.X. 1961	4040	Карасук 09.X.1961	92,3	6,30
Новая Земля (2)	1400	02.X. 1958	330	Новосибирск 06–07.X.1958	89,6	8,47
Новая Земля (3)	1000– 2200	04.XI. 1961	150– 1500	Карасук		
Семипала- тинск (1)	0	04.XI. 1961	0,2	09–10.XI.1961	57,9	4,70

П р и м е ч а н и е. Данные о ядерных взрывах взяты из [111].

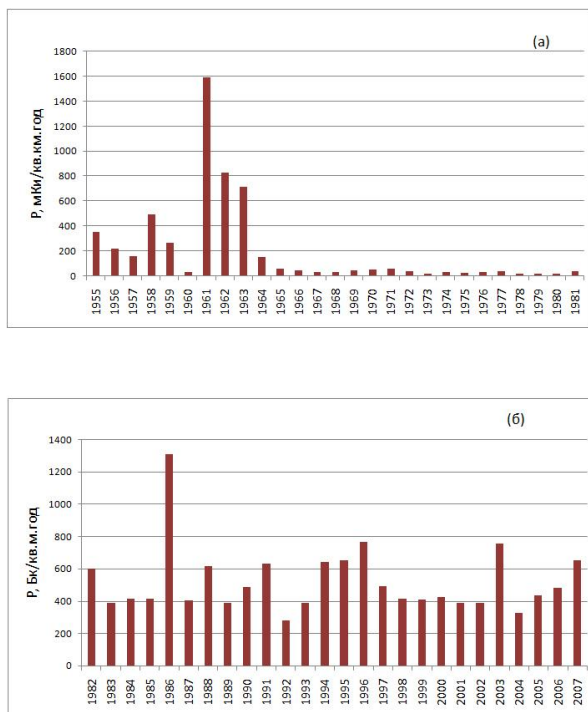


Рис. 69. Сумма бета-активных продуктов, выпавших из атмосферы в период с 1955 по 1981 г. (а) и с 1982 по 2009 г. (б)

и оказались наиболее опасными для населения Новосибирска и прилегающих районов области [110]. Они сопоставимы с последствиями прохождения облака взрыва 7 августа 1962 г. через территорию Алтайского края, которые официально признаны и утверждены в законодательном порядке.

Помимо указанных, зарегистрировано еще 960 максимальных суточных значений плотности радиоактивных выпадений, составлявших менее 50 мКи/км^2 . На рис. 69, а четко виден резкий рост суммарных выпадений бета-активных продуктов в Новосибирске в период атмосферных ядерных испытаний и их снижение после 1963 г.

Четко зафиксировано снижение радиоактивных выпадений в 1960 г., которое связано с мораторием на ядерные испытания. Следует иметь в виду, что внесистемная единица активности кюри (Ки) связана с беккерелем (Бк) следующим образом: $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп/с}$, или $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$; $1 \text{ мКи} = 10^{-3} \text{ Ки}$. Отчетливо заметен рост радиоактивности

при прохождении над Новосибирском следа взрыва на ЧАЭС в мае 1986 г. (рис. 69, б). Тогда превышение максимального суточного значения над фоном было в 100 раз, а в сентябре 1961 г. – в 4000 раз [112].

После прекращения атмосферных ядерных испытаний (прошло уже 50 лет) так и не опубликованы данные всех радиоактивных следов за пределами полигонов с указанием дат их возникновения и основных параметров радиационной обстановки. Не определены масштаб и степень загрязнения окружающей среды, не оценен ущерб, нанесенный здоровью населения Сибири, в том числе и Новосибирской области, от многолетней деятельности полигонов.

К сожалению, факт аварийного уровня радиоактивных выпадений из атмосферы в Новосибирске после взрыва на Семипалатинском полигоне 17.09.1961 официально не признан, а данные военной радиационной разведки уже 50 лет остаются закрытыми.

В последние десятилетия радиационно-гигиеническая обстановка на территории области нормализовалась, содержание радионуклидов в пробах пищевых продуктов не превышает нормы. Мощность дозы уровня гамма-фона не более 20 мкР/ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Монография «Климат Новосибирска и его изменения» посвящена исследованию климатических условий города в русле современных задач климатологии и прикладных ее аспектов, предполагающих обеспечение потребителей специализированной информацией, получению оценок природных вызовов с целью управления рисками и адаптации к ним экономики в условиях климатической неустойчивости. Получена целостная картина изменения основных ресурсов климата, отражающая общий климатический фон города.

На основе 114-летних инструментальных наблюдений (1900–2013 гг.) показано, что обнаруженное в середине прошлого столетия в Северном полушарии наиболее интенсивное потепление климата имеет место и в Новосибирске. Годовая температура воздуха за 1976–2013 гг. повышалась темпами $0,27^{\circ}\text{C}/10$ лет. Вместе с тем потепление в последние годы сопровождается значительными межгодовыми колебаниями температуры и учащением холодных лет. В первое десятилетие нынешнего века – в 2009 и 2010 гг. среднегодовая температура была ниже нормы (1971–2000 гг.) соответственно на $0,8$ и $1,6^{\circ}\text{C}$, в то же время годы 2002 и 2007 были экстремально теплыми.

Вклад в годовую отрицательную аномалию внесли как зимние месяцы, так и прохладные летние; средняя температура июня 2009 г. $13,8^{\circ}\text{C}$ заняла 4-е место в ранжированном ряду за 1900–2013 гг. Напротив, новым рекордом от начала наблюдений стал жаркий июнь 2012 г. – температура $21,8^{\circ}\text{C}$. Как результат, параметры линейного тренда изменились в сторону замедления потепления, что также соответствует новым крупномасштабным тенденциям. Важная характеристика обеспечения жизнедеятельности мегаполиса – дефицит тепла отопительного периода как индикатор теплопотерь «отреагировал» на потепление более низкими значениями, сменившимися в последние годы повышением.

Отмечено повышение температуры в глубинах почвенного слоя вплоть до уровня 3 м, скорость изменения $0,6\text{--}0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Увеличились количество осадков и высота снежного покрова. Сократилось количество ясных дней, возросла частота пасмурной погоды. Одной из причин выявленных тенденций является увеличение повторяемости западно-восточного переноса в тропосфере. Однако эти процессы не сопровождаются усилением приземного ветра, а напротив, уменьшается скорость ветра, редкими стали метели. Один раз в 5–10 лет случаются разрушительные шквалы и умеренной интенсивности смерчи.

Опасные явления (ветер, град, сильные осадки и др.) малочисленны в городе (на ст. Учебная за 25 лет отмечен только один случай ОЯ – сильная жара), гораздо больше их в окрестностях. Потенциальные риски ущерба, создаваемые сильным ветром или градом, составляют порядка 100 млн. руб. в год. В качестве гидрометеорологической меры адаптации, направленной на смягчение последствий, следует считать раннее предупреждение об ОЯ, а к числу технических – меры, связанные с износом элементов инфраструктуры в секторах экономики.

По показателям биоклиматических характеристик теплового состояния человека зона проживания новосибирцев относится не к самым крайним категориям дискомфорта и опасности, как зимой, так и летом. Холодовые нагрузки по средней месячной эффективной температуре относятся к категории «очень холодно», когда создается сильная угроза обмороживания на открытом воздухе. Тепловые стрессы – индекс жары ориентирует население на экстремальную осторожность при установлении высоких температур, душная погода умеренной интенсивности отмечается в черте города в среднем 30 дней в году.

Качество атмосферного воздуха в Новосибирске с 90-х годов XX в. несколько улучшилось, однако по-прежнему остается неудовлетворительным. По комплексному индексу загрязнения атмосферы уровень характеризуется как высокий. Не решены проблемы ликвидации последствий радиоактивного загрязнения, связанного с ядерными испытаниями в атмосфере в 50–60 годах XX в.

Проблемы предсказания климата и последствий его изменений в глобальном масштабе и региональных уровнях, задачи повышения эффективности климатологического обслуживания экономики в части социальной сферы, управление рисками для принятия климатообусловленных хозяйственных решений постоянно обсуждаются мировым сообществом на всемирных конференциях под эгидой ВМО и в России. Наиболее важными являются следующие мероприятия и документы.

2007 г. Изменение климата, 2007 г. Последствия, адаптация и уязвимость. Четвертый оценочный доклад Межправительственной

группы экспертов по изменению климата (часть вклада Рабочей группы II).

2008 г. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I–III. Москва.

2009 г. Всемирная климатическая конференция-3 (ВКК-3). Улучшенная климатическая информация для лучшего будущего. Женева.

2011 г. Международная научная конференция «Проблемы адаптации к изменениям климата», ПАИК-2011. Москва.

2014 г. 7-й Метеорологический съезд Российской Федерации. Санкт-Петербург.

2014 г. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Москва. Росгидромет. 2014. 1007 с.

Авторы считают, что данные монографии «Климат Новосибирска и его изменения» найдут применение в социальной и хозяйственной сфере многоплановой жизни мегаполиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Новосибирска / под ред. С.Д. Кошинского, К.Ш. Хайруллина, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 223 с.
2. **Колдомасов Л.И.** Климат Западной Сибири. Новосибирск: Новосибиргиз, 1947. 58 с.
3. **Чернобай Л.П.** География Новосибирска // Энциклопедия «Новосибирск». Новосибирск: Новосиб. кн. изд-во, 2003. 1071 с.
4. Генеральный план развития г. Новосибирска на 2007–2030 годы. Новосибирск: Новосиб. кн. изд-во, 2007. 327 с.
5. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. 57 с.
6. **Барахтин В.Н.** Авиаметеорологическая станция (АМСГ) // Энциклопедия «Новосибирск». Новосибирск: Новосиб. кн. изд-во, 2003. 1071 с.
7. **Барахтин В.Н.** Аэроклиматическая характеристика аэродрома Новосибирск / под ред. З.В. Торбиной. Новосибирск: НЗАМЦ, 1969. 144 с.
8. Аэроклиматическая характеристика аэродрома Новосибирск–Северный / под рук. Э.А. Морозовой: Отчет по НИР. Новосибирск: СибНИГМИ, 2010. 190 с.
9. Климатическая характеристика аэродрома Толмачево / под рук. А.И. Токарева. Новосибирск: НЗАМЦ, 2001. 206 с.
10. **Орлова В.В.** Климат СССР. Вып. 4. Западная Сибирь. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 320 с.
11. **Школлер Л.Я., Пивкин В.М., Добринский А.А.** Микроклиматические особенности застройки в условиях залесенной местности (на примере Новосибирского Академгородка) // Тр. ЗСРНИГМИ. 1977. Вып. 27. С. 113–124.
12. **Ковалева Т.Е., Пивкин В.М., Школлер Л.Я.** Исследование микроклимата жилой застройки и квартир в летний период в Новосибирске // Тр. НИИАК. 1967. Вып. 48. С. 91–96.
13. **Пивкин В.М., Школлер Л.Я.** Микроклиматический эффект различных мелиоративных мероприятий в городской застройке // В помощь проектировщику-градостроителю. Планировка и застройка городов. Вып. 5. Киев: Будівельник, 1970. С. 70–72.
14. **Соломатин А.П., Непомнящих Л.М., Василенко Е.Ф.** Влияние погодных условий на осложнения и летальные исходы при сердечнососудистой патологии в Новосибирске // Тр. ЗСРНИГМИ. 1975. Вып. 16. С. 129–133.

15. Климат, погода, экология Москвы / под ред. Ф.Я. Климова. СПб.: Гидрометеиздат, 1995. 438 с.
16. **Исаев А.А., Гутников В.А., Шерстюков Б.Г.** Научно-прикладной справочник по климату Москвы. Сер. 2, вып. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 160 с.
17. **Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шафикова Р.Б.** Климат Казани и его изменения в современный период. Казань: Изд-во «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина», 2006. 216 с.
18. Клімат Києва / під ред. В.М. Волощука, Н.Ф. Токар. Київ: МП «Мапа ЛТД», 1995. 80 с.
19. **Бобров Г.П.** Погода и климат Саратова в вопросах и ответах / под ред. А.Б. Рыхлова. Саратов: «ЭМОС», 2002. 222 с.
20. **Логинов В.Ф., Сачок Г.И., Микутский В.С., Мельник В.И., Коляда В.В.** Изменения климата Беларуси и их последствия. Минск: Изд-во «Тонпик», 2003. 330 с.
21. Климат Санкт-Петербурга и его изменения. СПб.: ООО РИФ «Д' АРТ», 2010. 255 с.
22. **Лучицкая И.О., Белая Н.И., Александрова Е.А.** Технология контроля достоверности исторических данных высоты снежного покрова по постоянной рейке // Информационный сборник № 37. Гидрометцентр. 2010. С. 91–105.
23. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской федерации. Т. 1. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 227 с.
24. **Митропольский А.К.** Техника статистических вычислений. М.: На-ука, 1971. 576 с.
25. **Гирс А.А.** Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 280 с.
26. **Гирс А.А., Кондратович К.В.** Методы долгосрочных прогнозов погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 342 с.
27. **Зубович М.Г., Тарасенко В.Д., Токарев В.Г., Шкапоид М.А., Ягудин Р.А.** Синоптические условия формирования крупных аномалий средней месячной температуры воздуха в Западной Сибири // Тр. ЗСРНИГМИ. 1979. Вып. 42. С. 24–36.
28. **Попова К.И.** К вопросу о циркуляции атмосферы над Западной Сибирью в летний период // Тр. Том. геол.-геогр. о-ва. 1964. Вып. 164. С. 64–73.
29. **Попова К.И.** Краткая характеристика связей осадков с циркуляционным режимом за теплый период над юго-восточной частью Западно-Сибирской низменности. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1962. Вып. 2. С. 136–148.
30. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды / под ред. В.М. Ярковой, И.П. Фадеевой. Ч. II, вып. 2. Урал и Сибирь. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 197 с.

31. **Бордовская Л.И., Цибульский А.Е.** Повторяемость и скорость движения циклонов и антициклонов над Западной Сибирью // *Вопр. географии Сибири*. Томск, 1976. Вып. 9. С. 22–29.
32. **Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С.** Региональные климатические проявления глобальной циркуляции атмосферы на юге Западной Сибири // *География и природ. ресурсы*. 2009. № 3. С. 83–87.
33. **Горбатенко В.П., Ипполитов И.И., Поднебесных Н.В.** Циркуляция атмосферы над Западной Сибирью в 1976–2004 гг. // *Метеорология и гидрология*. 2007. № 5. С. 28–36.
34. Справочник по климату СССР. Ч. 1, вып. 20. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 76 с.
35. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, вып. 20. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 718 с.
36. **Романова Е.Н., Гобарова Е.О., Жильцова Е.Л.** Методы использования систематизированной климатической и микроклиматической информации при развитии и совершенствовании градостроительных концепций. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 159 с.
37. **Шерстюков Б.Г.** Региональные сезонные закономерности изменения современного климата. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 246 с.
38. Эколого-экономические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири / под ред. Н.С. Касимова, А.В. Кислова. М.: МАКС Пресс, 2012. 496 с.
39. **Катцов В.М.** Предсказание климата: достижения, проблемы и перспективы // *Метеорология и гидрология*. 2010. № 1. С. 18–22.
40. **Шерстюков Б.Г.** Изменения, изменчивость и колебания климата. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. 293 с.
41. **Шерстюков Б.Г., Салугашвили Р.С.** Новые тенденции в изменениях климата Северного полушария Земли в последнее десятилетие // *Тр. ВНИИГМИ-МЦД*. 2011. Вып. 175. С. 43–51.
42. **Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Аристова Л.Н., Трофименко Л.Т.** Исследование климатических условий Ямало-Ненецкого автономного округа и их влияния на развитие нефтегазовой отрасли экономики // *Тр. ВНИИГМИ-МЦД*. 2010. Вып. 175. С. 52–64.
43. **Псаломщикова Л.М., Салль И.А., Стадник В.В., Трофимова О.В.** Использование метеорологической информации в целях содержания автомобильных дорог в зимний период // *Тр. ГГО*. 2008. Вып. 557. С. 85–101.
44. **Белая Н.И., Лучицкая И.О.** Оценка метеорологических условий для задач содержания федеральных дорог Новосибирской области // *Тр. СибНИГМИ*. 2011. Вып. 106. С. 168–180.
45. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. Н.В. Кобышевой, К.Ш. Хайруллина. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 319 с.

46. **Мамонтов Н.В.** Краткая характеристика среднего квадратического отклонения температуры воздуха на территории СССР по ежедневным наблюдениям в отдельные часы суток // Тр. ЗСРНИГМИ. 1975. Вып. 16. С. 3–26.
47. **Хайруллин К.Ш.** Оттепели на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 88 с.
48. **Мирвис В.М., Гусева И.П.** Изменения в режиме оттепелей на территории России // Тр. ГГО. 2007. Вып. 556. С. 101–115.
49. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, ч. 7. Специализированные характеристики для строительного проектирования. Вып. 20. Новосибирск, 1993. 425 с.
50. **Хромов С.П.** Метеорология и климатология для географических факультетов. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 455 с.
51. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / под ред. С.Д. Кошинского. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 383 с.
52. **Шерстюков А.Б.** Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2009. 127 с.
53. **Золотов С.Ю., Ипполитов И.И., Логинов С.В., Лучицкая И.О., Белая Н.И.** Сравнение данных реанализа NCEP-NCAR профилей температуры почвы с данными измерений сети станций на территории Западной Сибири // Криосфера Земли. 2011. Т. XV, № 2. С. 14–20.
54. **Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В.** Закономерности современных природно-климатических изменений в Сибири: периодичность приземных температур, давления и некоторых географических индексов // География и природ. ресурсы. 2005. № 1. С. 13–20.
55. **Баранова А.А., Голод М.П., Мещерская А.В.** Изменение градуированных скоростей ветра на территории России во второй половине XX века // Тр. ГГО. 2007. Вып. 556. С. 116–138.
56. **Мещерская А.В., Еремин В.В., Баранова А.А., Майстрова В.В.** Изменение скорости ветра на севере России во второй половине XX века по приземным и аэрологическим данным // Метеорология и гидрология. 2006. № 6. С. 46–58.
57. **Мещерская А.В., Гетман И.Ф., Борисенко М.М., Шевкунова Э.И.** Мониторинг скорости ветра на водосборе Волги и Урала в XX веке // Там же. 2004. № 3. С. 83–97.
58. **Панфутова Ю.А.** Оценки рисков, создаваемых опасными метеорологическими явлениями на равнинной территории центральной и южной России // Метеоспектр. 2009. № 3. С. 30–35.
59. **Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Коршунова Н.Н., Ламанов В.И., Шаймарданов М.З.** Опасные гидрометеорологические явления, вызываемые ветром, и их влияние на экономику // Метеорология и гидрология. 2001. № 9. С. 5–17.
60. Справочник по климату СССР. Ч. 1, вып. 20. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 575 с.

61. **Белоусова Е.П.** Циркуляционные особенности anomalно теплых и холодных зим над Восточной Сибирью // Матер. XIII Науч. совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. Т. 1. С. 67–68.
62. **Матвеев Л.Т.** Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 639 с.
63. **Беленький Ю.В.** Изменения снежного покрова в Сибири в XX и XXI вв. // Матер. Междунар. Конгр. «Экология северных территорий». Новосибирск: ООО «Офсет-ТМ». 2013. 110–114 с.
63. **Nazarenko L.** Change in Snow and Ice in Twentieth and Twenty-First Centuries Simulated by the GISS ModelE2 // Матер. Междунар. Конгр. «Экология северных территорий». Новосибирск: ООО «Офсет-ТМ». 2013. 110–114 с.
64. **Romanov P.** Satellite snow cover monitoring // Там же. С. 72–79.
65. Экология северных территорий // Матер. Междунар. конгр. Новосибирск: ЗАО ИПП «Офсет», 2012. 319 с.
66. **Айсин Д.Р., Гальперин С.М., Козлов В.Н., Щукин Г.Г.** Активные воздействия на облака и осадки в Санкт-Петербурге во время проведения саммита глав государств и правительств «Группы восьми» // Тр. ГГО. 2007. Вып. 556. С. 215–229.
67. **Яркова В.М.** Синоптические условия и прогноз сильных ветров в районе Новосибирска // Тр. ЗСРНИГМИ. 1969. Вып. 3. С. 71–79.
68. **Апасова Е.Д.** Пыльные поземки и бури на территории России // Тр. ВНИИГМИ-МЦД. 2011. Вып. 175. С. 97–117.
69. Анализ ошибочного прогноза гололедицы в районе Новосибирска 29–30 октября 1981 года и рекомендации по ее прогнозированию / под ред. В.Н. Барахтина. Новосибирск: ЗСУГКС, 1983. 40 с.
70. Большая советская энциклопедия. Т. 2. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1970. 507 с.
71. **Федоров Л.** «Бабье лето» // Человек и стихия. Л.: Гидрометеиздат, 1964. С. 18.
72. **Потапова Л.С.** Продолжительность отопительного периода на территории СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1964. № 4. С. 125–129.
73. **Кобышева Н.В., Ключева М.В., Александрова А.А., Булыгина О.Н.** Климатические характеристики отопительного периода в субъектах Российской Федерации в настоящем и будущем // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 46–52.
74. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. Н.В. Кобышевой. СПб.: «АСТЕРИОН», 2008. 334 с.
75. **Лучицкая И.О.** Продолжительность периодов с температурой воздуха ниже -30°C в Новосибирской области // Тр. ЗСРНИГМИ. 1977. Вып. 27. С. 88–99.
76. **Лучицкая И.О.** Вероятностная климатологическая характеристика волн холода и тепла на юге Западной Сибири // Тр. ЗапСибНИИ Росгидромета. 1981. Вып. 66. С. 38–47.
77. **Лучицкая И.О.** О пространственной детализации термического режима с учетом местных условий на территории юго-востока Западной Сибири // Тр. СибНИГМИ. 2000. Вып. 103. С. 42–62.

78. **Лучицкая И.О.** Общая характеристика режима высоких температур воздуха на территории региона Сибири и Урала // Тр. ЗапСибНИИ. 1981. Вып. 66. С. 21–33.
79. **Хайруллин К.Ш.** Климат, здоровье, одежда // Современные проблемы гидрометеорологии. СПб.: АСТЕРИОН, 2006. С. 55–59.
80. **Мамонтов Н.В.** Душная погода на территории СССР // Тр. ЗСРНИГМИ. 1973. Вып. 12. С. 28–42.
81. **Барахтин В.Н.** Некоторые особенности зон болтанки самолетов на высотах 8–10 км // Метеорология и гидрология. 1963. № 5. С. 117–121.
82. **Барахтин В.Н., Давидович Т.В., Зимаков Н.И., Морозова Э.А.** Режим ветра на авиатрассе Москва–Хабаровск // Тр. ЗапСибНИИ. 1983. Вып. 59. С. 98–108.
83. Атмосфера: Справочник / под ред. Е.П. Борисенкова. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 509 с.
84. **Барахтин В.Н.** Прогноз турбулентности, вызывающей болтанку воздушных судов в нижнем 500-метровом слое атмосферы. Раздел 7.3.4 Руководства по прогнозированию метеоусловий для авиации. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 300 с.
85. **Барахтин В.Н.** Методическое пособие по расследованию авиапроисшествий и инцидентов, связанных с метеорологическими причинами. М.: Росгидромет, 1994. 74 с.
86. **Барахтин В.Н., Дедов В.П., Колмаков А.Я.** Турбулентность в нижнем слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 200 с.
87. Руководящий документ РД. 52.88.699–2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. Новосибирск, 2008. 34 с.
88. **Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З.** Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата // Метеорология и гидрология. 2009. № 4. С. 5–14.
89. **Коршунов А.А., Волобуев Н.М., Филин Б.И.** Проведение анализа повторяемости опасных гидрометеорологических явлений и проведение работ по районированию территории России с учетом степени риска их возникновения // Метеоспектр. 2009. № 4. С. 73–80.
90. **Русин И.Н.** Индекс потенциальных потерь для анализа потенциальной опасности для территорий в отношении стихийных бедствий, природных и техногенных катастроф // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. С. 184–202.
91. **Кобышева Н.В., Галюк Л.П., Панфутова Ю.А.** Методика расчета социального и экономического рисков, создаваемых опасными явлениями погоды // Тр. ГГО. 2008. Вып. 558. С. 162–172.
92. **Галюк Л.П., Самолетова Н.А.** Оценка риска, создаваемого смерчами, для Волгодонской АЭС // Там же. Вып. 557. С. 225–229.

93. **Быков А.А.** О методологии экономической оценки среднестатистического человека (пояснительная записка) // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4, № 2. С. 178–191.
94. **Кобышева Н.В.** Современное состояние и перспективы развития работ в области прикладной климатологии // Тр. ГГО. 2009. Вып. 560. С. 51–67.
95. **Лучицкая И.О., Белая Н.И.** Режим сильных ветров и риски ущерба от их воздействия на территории юго-востока Западной Сибири // Тр. СибНИГМИ. 2011. Вып. 106. С. 64–88.
96. **Введенская Л.И., Володкевич Т.Г., Шевчук И.А.** Повторяемость метеорологических условий, способствующих увеличению загрязнения приземного слоя атмосферы в г. Новосибирске // Тр. НРГМЦ. 1969. Вып. 2. С. 106–109.
97. **Шевчук И.А., Введенская Л.И.** Численные характеристики метеорологических условий, сопутствующих периодам высокого загрязнения атмосферы в Западной Сибири // Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1971. С. 352–356.
98. **Шевчук И.А., Введенская Л.И., Лаврентьева Р.А.** Из опыта прогнозирования загрязненности атмосферы в Новосибирске // Тр. ЗСРНИГМИ. 1977. Вып. 27. С. 125–129.
99. **Шевчук И.А.** Прогноз уровня загрязнения атмосферы промышленными выбросами в Новосибирске // Там же. Вып. 30. С. 88–90.
100. **Шевчук И.А.** Связь метеорологических условий с характером распространения вредных выбросов по вертикали // Там же. Вып. 33. С. 102–108.
101. **Селегей Т.С.** Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 348 с.
102. **Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В.** Воздух городов и его изменения. СПб.: АСТЕРИОН, 2008. 254 с.
103. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб.: «Интеграл», 2008. 438 с.
104. **Мирошникова А.Т., Николаевский В.С.** Допустимые нормы загрязнения воздуха для растений // Тр. МОИП. Т. 50. 1974. С. 45–50.
105. **Соколов В.Е., Ильенко А.И.** Принципы нормирования антропогенных воздействий на популяцию позвоночных // Тр. II Сов.-Амер. симп. Л.: Гидрометеоздат, 1976. С. 76–91.
106. **Потапов В.Н.** О необходимости пересмотра базовых принципов природоохранного законодательства России // Экологические проблемы промышленных районов. Екатеринбург, 2004. С. 24–29.
107. **Израэль Ю.А., Назаров И.М.** Экологический подход к оценке состояния и регулирования качества окружающей природной среды. Всесторонний анализ окружающей природной среды // Тр. III Сов.-Амер. симп. Л.: Гидрометеоздат, 1978. С. 5–10.
108. **Руководство по контролю загрязнения атмосферы.** РД 52.04.186-89. М.: Гидрометеоздат, 1991. 693 с.

109. **Булатов В.И.** Россия радиоактивная. Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. 271 с.
110. **Барахтин В.Н., Дусь В.И.** Семипалатинский полигон глазами независимых экспертов. СПб.: Гидрометеониздат, 2002. 110 с.
111. Новоземельский полигон. М.: ИздАТ, 2000. 526 с.
112. **Селегей В.В.** Радиоактивное загрязнение г. Новосибирска – прошлое и настоящее. Новосибирск: Самиздат, 1997. 148 с.

Приложение 1

Суммарное число циклонов разных типов

Год	Тип циклона							Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
1976	18	11	9	20	18	34	16	126
1977	20	12	10	39	10	52	14	157
1978	26	8	26	26	12	37	18	153
1979	24	8	24	29	14	31	18	148
1980	26	12	14	34	13	33	9	141
1981	2	4	3	16	11	7	15	58
1982	2	11	6	15	8	2	14	58
1983	2	4	6	8	6	4	19	49
1984	4	6	6	13	6	5	16	63
1985	2	5	2	7	7	4	14	41
1986	1	7	4	9	7	3	20	51
1987	4	4	4	9	7	8	17	53
1988	5	2	4	3	13	3	19	49
1989	4	1	7	9	12	4	18	55
1990	6	5	0	6	11	4	15	47
1991	14	22	8	32	5	35	14	130
1992	9	6	1	14	17	7	16	70
1993	10	7	0	13	11	7	7	55
1994	0	27	14	17	9	22	26	115
1995	11	1	5	18	7	11	13	66
1996	0	13	17	26	7	24	30	117
1997	0	26	23	15	8	21	29	122
1998	3	7	1	10	8	9	24	62
1999	1	17	9	19	13	17	20	96
2000	1	25	3	11	17	13	21	91
2001	13	16	7	17	0	7	26	86
2002	7	20	12	17	1	8	31	96
2003	15	5	7	14	0	5	25	71
2004	9	13	15	8	4	7	25	81

Приложение 2

Суммарное число антициклонов разных типов

Год	Тип антициклона					Всего
	VIII	IX	X	XI	XII	
1976	7	21	3	17	27	75
1977	9	20	13	21	18	81
1978	10	21	2	33	31	97
1979	14	21	15	26	23	99
1980	15	17	7	17	15	71
1981	13	7	7	17	31	75
1982	8	8	5	14	9	44
1983	9	8	3	14	3	37
1984	9	7	3	12	5	36
1985	9	7	3	9	4	32
1986	16	4	3	14	6	43
1987	11	10	6	11	3	41
1988	10	4	3	11	1	29
1989	11	0	6	11	3	31
1990	12	1	6	15	12	46
1991	26	17	10	20	18	91
1992	10	4	7	17	5	43
1993	17	7	6	9	11	50
1994	29	11	13	13	14	80
1995	20	4	11	18	14	67
1996	36	11	5	20	5	77
1997	35	8	8	21	8	80
1998	14	9	7	16	14	60
1999	25	14	6	22	0	67
2000	39	16	0	13	0	68
2001	6	10	2	16	29	63
2002	8	6	10	20	18	62
2003	2	12	5	20	25	64
2004	9	17	3	27	11	67

Приложение 3

Суточный ход продолжительности солнечного сияния, ч

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

Примечание. «0,0» означает, что продолжительность солнечного сияния составляет менее 0,05 ч.

Приложение 4

Экстремумы температуры воздуха за 1966–2007 гг.

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Самая низкая температура													
Обская	–45,7	–45,1	–36,8	–29,6	–13,1	0,3	4,9	1,3	–5,8	–21,5	–39,0	–45,4	–45,7
ГМО	2001	1969	1999	1969	1969	1987	1988	1967	1992	1966	1987	1968	2001
Огурцово	–46,2	–46,3	–36,4	–29,1	–8,4	–1,6	1,5	–0,4	–6,9	–26,4	–39,0	–45,7	–46,3
	1969	1969	1999	1969	1969	1968	1970	1975	1992	1976	1987	1968	1969
Остров	–48,3	–42,5	–37,3	–29,4	–3,9	2,2	6,9	4,6	–4,8	–17,5	–38,7	–41,9	–48,3
Дальний	2001	2001	1999	1987	2004	1987	1988	1996	1992	1987	1998	1984	2001
Учебная	–42,7	–43,6	–31,9	–24,7	–6,8	–0,7	3,8	1,8	–5,6	–23,2	–38,3	–43,5	–43,6
	1969	1969	1966	1969	1972	1987	1988	1996	1969	1966	1987	1968	1969
Самая высокая температура													
Обская	3,2	5,0	12,8	28,5	33,5	34,5	35,0	34,9	31,3	21,0	10,4	4,1	35,0
ГМО	2002	1999	1997	1972	2004	1988	1969	1998	2007	1997	1997	1975	1969
Огурцово	4,1	4,5	13,3	30,7	36,1	36,6	35,0	35,7	30,9	23,8	11,5	4,8	36,6
	2007	1983	2001	1972	2004	1967	1975	1998	2007	1971	2006	1975	1967
Остров	4,9	5,4	14,5	25,7	33,0	36,5	35,0	34,5	29,0	21,7	11,4	4,4	36,5
Дальний	2007	1983	1997	1997	1999	1988	1992	1998	2007	1997	1997	2003	1988
Учебная	4,8	5,5	15,9	31,2	36,5	37,0	35,4	35,7	31,5	25,4	12,2	4,9	37,0
	2007	1983	1989	1972	2004	1967	1969	1998	2007	1971	1997	1975	1967

Приложение 5

Повторяемость междусуточной изменчивости температуры воздуха в определенных пределах, %

Предел T , °C		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
от	до												
	≤ -20		0,1										0,2
-19,9	-18,0	0,4	0,2									0,1	0,3
-17,9	-16,0	0,9	0,3									0,2	0,6
-15,9	-14,0	1,1	0,7	0,1	0,1	0,2				0,1		0,3	1,4
-13,9	-12,0	1,5	1,1	0,1	0,2	0,2						0,9	1,6
-11,9	-10,0	1,9	1,3	0,7	0,5	0,3	0,4			0,3	0,2	1,9	2,5
-9,9	-8,0	3,5	3,8	1,8	1,2	2,1	0,7	0,1	0,4	1,0	1,6	3,6	2,9
-7,9	-6,0	5,5	4,6	3,2	2,3	2,7	1,8	1,1	1,4	2,4	3,9	4,2	6,2
-5,9	-4,0	7,2	7,2	6,4	5,5	7,1	4,7	3,3	3,4	6,2	7,0	8,0	7,2
-3,9	-2,0	11,5	12,3	12,3	11,5	11,1	12,1	11,0	14,6	14,2	13,9	13,5	10,0
-1,9	-0,1	14,4	14,0	18,8	19,0	16,7	22,6	27,4	28,1	26,0	21,8	18,7	13,8
0,0	1,9	15,5	16,9	22,4	30,2	25,3	32,7	40,4	36,5	29,6	27,0	20,6	15,4
2,0	3,9	14,8	15,8	17,1	19,1	19,8	17,1	15,1	12,4	14,6	16,3	13,4	14,4
4,0	5,9	8,5	10,3	10,0	7,3	9,0	6,2	1,6	3,1	4,7	5,5	7,9	9,0
6,0	7,9	5,7	5,8	4,2	1,8	4,1	1,3		0,1	0,7	2,0	3,8	6,4
8,0	9,9	3,2	3,3	1,9	0,7	1,2	0,4			0,2	0,6	1,6	3,5
10,0	11,9	2,2	1,4	0,7	0,4	0,2				0,1	0,1	0,7	2,6
12,0	13,9	1,3	0,6	0,1	0,2						0,1	0,4	0,9
14,0	15,9	0,7	0,1	0,1								0,2	0,4
16,0	17,9	0,2	0,2	0,1								0,1	0,3
18,0	19,9												0,1
	≥ 20												0,3

Приложение 6

Суточный максимум количества осадков по месяцам и за год, мм

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Учебная	12,1 1999 2007	15,9 1969	16,3 1982	17,7 1978	27,7 1986	46,3 1991	40,8 2003	53,8 1982	29,3 1991	22,1 2002	28,3 1984	17,6 1976	53,8 1982
Обская ГМО	19,6 1971	10,8 2004	16,7 1982	16,5 1969	28,7 1986	36,2 2005	132,5 1990	144,1 1982	40,4 1996	23,7 1987	24,3 1984	13,1 1987	144,1 1982
Огурцово	10,7 1983	10,0 2004	19,9 1982	15,4 1978	37,7 1986	35,1 1978	55,2 1976	94,9 1982	46,9 1996	21,3 1997	21,0 1979	14,1 1987	94,9 1982
Остров Дальний	14,4 1983	9,0 1997	15,5 2004	14,2 1987 2001	27,7 1998	35,2 1996	53,1 2003	38,1 1997	26,6 1991	21,8 1987	22,8 1984	14,6 1989	53,1 2003

Приложение 7

Наибольшее и наименьшее количество осадков по месяцам и за год

за период 1966–2007 гг., мм

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI–III	IV–X	Год
							ст. Обская	ГМО							
Максимум	60,6	36,9	44,5	52,6	74,9	116,8	184,6	201,0	95,4	76,5	63,9	66,4	172,5	509,0	658,0
Год	1971	2007	2004	1985	2000	2002	1990	1982	1996	1982	1982	2000	1985–1986	1993	2000
Минимум	4,9	2,0	0,8	5,7	1,5	11,1	7,0	8,6	1,1	9,7	5,5	3,6	46,9	176,9	247,1
Год	1998	1971	1989	1997	1999	1981	1966	2003	1971	1971	1967	1967	1967–1968	1989	1989
							ст. Огурцово								
Максимум	45,6	40,8	41,9	56,8	70,2	139,8	153,4	142,6	99,4	84,1	65,14	63,8	173,5	505,3	672,9
Год	1999	1972	2004	1985	2000	1996	1976	1977	1996	1982	1985	2000	1982–1983	2000	2000
Минимум	5,2	5,2	0,4	6,2	2,1	13,4	5,0	4,8	3,1	14,0	8,6	4,5	51,7	168,7	302,9
Год	1998	1999	1989	1997	1999	1977	1974	2003	1971	1980	1967	1967	1967–1968	1999	1989
							ст. Остров Дальний								
Максимум	32,6	21,4	32,6	38,3	56,7	125,1	118,7	130,9	82,6	64,7	70,8	49,8	151,4	438,7	570,8
Год	1983	1990	2004	1985	2007	2001	2003	1986	1991	1982	1985	2000	1984–1985	1985	1985
Минимум	1,8	2,8	0,6	2,9	2,4	11,5	14,3	11,6	9,0	7,8	10,4	6,9	45,8	129,9	221,5
Год	1998	1986	1989	1997	1999	1984	1987	1999	1986	1997	1989	2007	1997–1998	1999	1999
							ст. Учебная								
Максимум	71,9	61,8	52,0	49,5	73,1	142,3	140,6	173,9	84,7	92,3	89,6	76,7	238,7	449,6	656,4
Год	1971	1972	2004	2004	1975	2002	2001	1986	1991	1982	1985	2000	1968–1969	1993	2000
Минимум	6,7	5,6	1,1	7,4	5,8	15,3	5,6	5,2	3,0	15,0	16,8	8,5	82,7	179,3	324,4
Год	1998	1999	1989	1997	1999	1981	1966	1989	1971	2005	1967	1967	1967–1968	1999	1989

Приложение 8
Среднее многолетнее число дней
с атмосферными явлениями

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Год
Туман															
Огурцово	2	2	3	1	0,4	0,7	2	3	3	2	0,9	1	11	10	21
Учебная	2	2	1	0,5	0,1	0,2	0,5	0,8	1	1	0,8	2	9	3	12
Обская	2	2	3	1	0,7	0,2	0,5	1	2	1	0,6	1	10	5	15
ГМО															
Остров	0,3	0,2	0,8	0,7	0,2	0,1	0,3	0,8	0,9	0,6	0,3	0,3	2	3	5
Дальний															
Грозы															
Огурцово	–	–	–	0,4	2	7	10	6	1	0,05	0,02	–	–	–	26
Учебная	–	–	–	0,2	2	5	6	3	1	0,05	0,05	–	–	–	17
Обская	–	–	–	0,4	2	6	9	5	1	–	–	–	–	–	23
ГМО															
Остров	–	–	–	0,3	2	6	8	5	1	–	–	–	–	–	22
Дальний															
Град															
Огурцово	–	–	–	0,1	0,4	0,4	0,3	1	0,1	–	–	–	–	–	2
Учебная	–	–	–	–	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	–	–	–	–	1
Обская	–	–	–	0,02	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	–	–	–	–	–	1
ГМО															
Остров	–	–	–	0,04	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	1
Дальний															
Пыльная буря															
Огурцово	0,05	–	–	–	0,3	0,3	0,1	–	0,1	–	0,1	0,05	–	–	1
Учебная	–	–	–	0,1	0,5	0,4	0,1	0,05	0,02	0,02	0,1	0,02	–	–	1,3
Обская	–	–	–	0,05	0,1	0,1	0,02	0,05	–	–	–	0,02	–	–	0,3
ГМО															
Метель															
Огурцово	8	6	5	1	0,2	–	–	–	0,02	2	6	8	–	–	36
Учебная	5	4	2	0,9	0,1	–	–	–	–	0,7	4	4	–	–	21
Обская	6	5	3	1	0,1	–	–	–	–	1	5	6	–	–	27
ГМО															
Остров	5	4	3	0,8	0,1	–	–	–	–	0,3	3	6	–	–	22
Дальний															

Примечание. На ст. Остров Дальний пыльная буря не отмечалась.

Приложение 9

Средняя продолжительность явлений, ч

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	X-III	IV-IX	Год
Туман															
Огурцово	10	8	10	4	0,9	2	6	9	12	7	4	8	47	34	81
Учебная	20	9	5	2	0,1	0,5	1	3	4	3	3	19	59	11	70
Обская	10	6	12	6	2	0,5	1	3	6	6	3	8	45	18	63
ГМО															
Остров	2	0,4	4	3	0,4	0,7	0,6	2	3	4	1	2	13	10	23
Дальний															
Грозы															
Огурцово	–	–	–	0,3	2,2	10,2	16,8	8,5	1,2	0,05	0,00	–	–	–	39,3
Учебная	–	–	–	0,05	0,9	5,0	7,4	3,9	0,4	0,00	0,00	–	–	–	17,6
Обская	–	–	–	0,3	2,2	9,5	16,8	8,3	1,2	–	–	–	–	–	38,3
ГМО															
Остров	–	–	–	0,4	3,32	12,8	24,9	11,4	2,7	–	–	–	–	–	55,5
Дальний															
Пыльная буря															
Огурцово	0,05	–	–	–	0,7	0,5	0	–	0,02	–	0,6	0,2	–	–	2,5
Учебная	–	–	–	0,4	1,0	0,5	0,02	0,2	0,02	0,1	0,6	0,1	–	–	3,0
Обская	0,1	–	–	0,1	0,2	0,2	0,00	0,02	–	–	–	0,1	–	–	0,7
ГМО															
Метель															
Огурцово	70	57	33	7	1	–	–	–	0,1	11	53	62	–	–	294
Учебная	45	31	16	4	0,4	–	–	–	–	4	30	39	–	–	169
Обская	45	36	16	5	0,2	–	–	–	–	6	35	42	–	–	185
ГМО															
Остров	44	36	20	5	0,4	–	–	–	–	2	21	45	–	–	173
Дальний															

П р и м е ч а н и е. «0,00» означает, что продолжительность явления составляет не более одной минуты. На ст. Остров Дальний пыльная буря не отмечалась.

Приложение 10

Характеристики периодов потеплений

Число периодов		Число дней		Непрерывная про- должительность, дни		Отклонение от нормы				
среднее	наиболь- шее	среднее	наиболь- шее	средняя	наиболь- шая	Температура воздуха		Сумма отклонений		
						среднее	наиболь- шее	среднее	наиболь- шее	наимень- шее
ст. Огурцово (1966–2010 гг.)										
17	24 1985/86	82	123 2001/2002	5,1	35 2001/2002	5,7	20,7 24.01.1983	465,0	1042,7 1968/69	80,7 1968/69
ст. Учебная (1966–2010 гг.)										
16	22 1985/86	82	128 1982/83	5,5	45 1982/83 2001/2002	5,2	19,5 24.01.1983	428,3	966,6 2001/2002	58,6 1968/69
ст. Обская ГМО (1966–2010 гг.)										
17	24 1985/86	82	124 2001/2002	5,2	37 2008/2009	5,5	20,3 24.01.1983	449,0	1016,6 2001/2002	80,1 1968/69
ст. Остров Дальний (1981–2010 гг.)										
17	24 1985/86	80	113 1982/83	5,1	34 1996/97	5,8	20,2 24.01.1983	460,6	895,4 2001/2002	124,0 1984/85
ст. Огурцово (норма 1971–2000 гг.)										
17	23 1985/86	81	122 1982/83	5,0	35 2001/2002	5,5	19,5 10.01.1975	444,4	1023,9 2001/2002	78,5 1968/69

Приложение 11

Вероятность периодов похолодания и потепления различной продолжительности

Похолодание, число дней	Вероятность, %	Потепление, число дней	Вероятность, %
1	0,845	1	0,875
2	0,583	2	0,661
3	0,416	3	0,512
4	0,321	4	0,411
5	0,259	5	0,328
6	0,206	6	0,253
7	0,171	7	0,203
8	0,146	8	0,167
9	0,119	9	0,143
10	0,097	10	0,122
11	0,075	11	0,102
12	0,059	12	0,087
13	0,053	13	0,076
14	0,048	14	0,067
15	0,043	15	0,057
16	0,037	16	0,051
17	0,031	17	0,049
18	0,029	18	0,046
19	0,024	19	0,040
20	0,020	20	0,034
21	0,019	21	0,029
22	0,015	22	0,024
23	0,013	23	0,018
24	0,012	24	0,016
25	0,011	25	0,015
26	0,011	26	0,011
27	0,010	27	0,007
28	0,009	28	0,006
29	0,007	29	0,006
30	0,006	30	0,006
31	0,004	31	0,005
32	0,004	32	0,005
33	0,004	33	0,004
34	0,004	34	0,003
35	0,004	35	0,002
36	0,004		
37	0,004		
38	0,004		
39	0,003		
40	0,002		

Приложение 12

Опасные метеорологические явления и их критерии (РД. 2002)

№	Опасное явление	Критерий
1	Очень сильный ветер (в том числе шквал)	Скорость ветра (включая порывы) 25 м/с и более
2*	Ураган	Скорость ветра 33 м/с и более. Для станции Кара-Тюрек 40 м/с и более
3	Смерч	Сильный вихрь с вертикальной осью в виде столба или воронки, направленной от облака к поверхности земли
4	Сильная метель	Метель при средней скорости ветра 15 м/с и более, в течение 12 ч и более и видимости менее 500 м
5	Сильный продолжительный мороз	Минимальная температура воздуха -40°C и ниже в течение 3 суток и более
6*	Аномально холодная погода	Минимальная температура воздуха -35°C и ниже в течение 5 суток и более
7	Сильная продолжительная жара	Максимальная температура воздуха 35°C и выше в течение 3 суток и более
8*	Аномально жаркая погода	Максимальная температура воздуха 30°C и выше в течение 5 суток и более
9	Сильный гололед или сложное гололедно-изморозевое отложение, налипание мокрого снега	Диаметр отложения льда на проводах гололедного станка 20 мм и более, сложного отложения и (или) налипание мокрого снега 35 мм и более
10	Крупный град	Град диаметром 20 мм и более

* «Новые» опасные явления согласно РД. 2008 [87].

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Природные условия, современное состояние и перспективы развития города	6
Глава 2. История метеорологических наблюдений и исследования климата	13
Глава 3. Характеристика исходного материала и методы анализа .	17
Глава 4. Общая оценка динамики климата	22
Глава 5. Особенности атмосферной циркуляции	24
Глава 6. Солнечное сияние	34
Глава 7. Температура воздуха	41
Глава 8. Температура почвы	71
Глава 9. Атмосферное давление	75
Глава 10. Ветер	82
Глава 11. Влажность воздуха	93
Глава 12. Атмосферные осадки	103
Глава 13. Снежный покров	111
Глава 14. Облачность	118
Глава 15. Атмосферные явления	126
Глава 16. Климатическая характеристика сезонов	137
Глава 17. Специализированная климатическая информация	151
Глава 18. Опасные явления погоды	177
Глава 19. Состояние загрязнения окружающей среды	187
Заключение	200
Список литературы	203
Приложения	211

Научное издание

**Ирина Олеговна Лучицкая
Нина Ивановна Белая
Станислав Андреевич Арбузов**

**КЛИМАТ НОВОСИБИРСКА И
ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ**

Редактор *И.А. Абрамова*
Художественный редактор *М.Г. Рудакова*
Оригинал-макет *Т.Р. Пантюхиной*

Подписано к печати 30.12.2014. Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л.
14,0. Уч.-изд. л. 11,3. Тираж 100 экз. Заказ № 307.

Издательство СО РАН 630090,
Новосибирск, Морской просп., 2
E-mail: psb@sibran.ru
тел. (383) 330-80-50
Отпечатано в Издательстве СО РАН
Интернет-магазин Издательства СО РАН
<http://www.sibran.ru>