

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

В.Н. Куприянов

Градостроительная климатология

Учебное пособие

Казань
2012

УДК 551.5
ББК 26.237
К92

Куприянов В.Н.

К92 Градостроительная климатология: Учебное пособие / В.Н.Куприянов.—
Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного
университета, 2012.—147 с.
ISBN 978–5–7829–0356–5

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Рассмотрены основные климатические факторы и их воздействие на
территории и здания. Показано, что город является мощным
климатообразующим фактором, который создает свой собственный
климат. Климатическое районирование территории страны рассмотрено с
основных позиций: с позиции климата, геофизических условий
территорий, строительства, типизации жилища.

Рассмотрена климатология города и средства формирования
комфортной городской среды.

Учебное пособие соответствует Государственному образовательному
стандарту по направлению 270900 «Градостроительство» и может быть
полезно студентам и магистрам других архитектурно-строительных
специальностей, а также работникам проектных организаций.

Ил. 93; табл. 40; библиогр. 74 наим.

Рецензенты:

Кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой
Градостроительства Казанского государственного архитектурно-
строительного университета

А.А. Дембич

Зам. Генерального директора по науке ГУП
«Татинвестгражданпроект», доктор технических наук

И.С. Абдрахманов

УДК 551.5
ББК 26.237

ISBN 978–5–7829–0356–5

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2012
© Куприянов В.Н., 2012

Введение

История строительной техники знает множество случаев разрушений строительных сооружений при недостаточном учете климатических нагрузок. Так, известно обрушение металлического моста от ветра в Шотландских фьордах в тот момент, когда на мост въехал состав поезда. Обрушение произошло вследствие резкого увеличения за счет вагонов поезда парусности моста. В США был запроектирован и построен металлический мост под руководством Е.О. Патона. Вскоре после завершения строительства в этой местности случился ураган, и ветровая нагрузка превысила нормативное значение. Все строения вокруг моста оказались разрушенными, а мост Патона выстоял, однако заказчик предъявил Патону иск о взыскании затрат по удорожанию сметной стоимости за счет увеличенных коэффициентов запаса.

Приведенные примеры являются «зримыми» последствиями недоучета климатических факторов. В градостроительной практике недостаточный учет климатических факторов не проявляется мгновенно, а результаты учета (или неучета) климатических факторов накапливаются постепенно в виде неудобств эксплуатации, нарушения комфортных и санитарно-гигиенических условий на городских территориях и в помещениях и, в конечном счете, это проявляется нервными стрессами, ослаблением иммунной системы и болезнями жителей. То есть сводится на «нет» одна из посылок Витрувия – *польза* архитектурного творения для человека.

В настоящем учебном пособии представлена попытка обобщения и анализа климатических факторов и их влияния на градостроительное проектирование. Рассмотрены способы и средства регулирования и обеспечения комфортной городской среды.

Учебное пособие подготовлено в связи с введением нового образовательного направления – 270900 «Градостроительство» со степенью выпускника: «Бакалавр градостроительства».

Автор с благодарностью примет все советы и замечания по содержанию учебного пособия.

Автор выражает благодарность аспиранту А.И. Иванцову и студентке кафедры «Проектирование зданий» КазГАСУ И.А. Аракчеевой за неоценимую помощь при подготовке рукописи к изданию, а также рецензентам учебного пособия профессору А.А. Дембичу и заместителю Генерального директора по науке ГУП «Татинвестгражданпроект», доктору технических наук И.С. Абдрахманову.

РАЗДЕЛ I

КЛИМАТ, ПОГОДА, КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

1.1 Основные понятия о климате

Основным климатообразующим фактором на планете Земля является солнечная радиация. Солнечные лучи несут мощную энергию и нагревают поверхностные слои Земли. В свою очередь, Земля передает это тепло в атмосферу, и в приземном слое воздух прогревается до тех или иных температур. Древние греки считали, что температура воздуха зависит от угла падения солнечных лучей на Землю. Этот угол падения, или «наклон» солнечных лучей к поверхности, и дал название целой науке – климатологии, потому что слово «климат» переводится на русский язык как «наклон». На рис. 1.1 приведена схема падения солнечных лучей на земной шар. Следует обратить внимание на тот факт, что солнечные лучи приходят к Земле в виде пучка параллельных лучей. На экваторе угол падения равен 90° и количество энергии, поглощаемое поверхностными слоями Земли, будет максимальным. При приближении к полюсам угол падения лучей уменьшается, уменьшается и количество солнечной энергии, поглощаемой поверхностными слоями Земли. Воздух прогревается меньше, климат становится прохладнее.

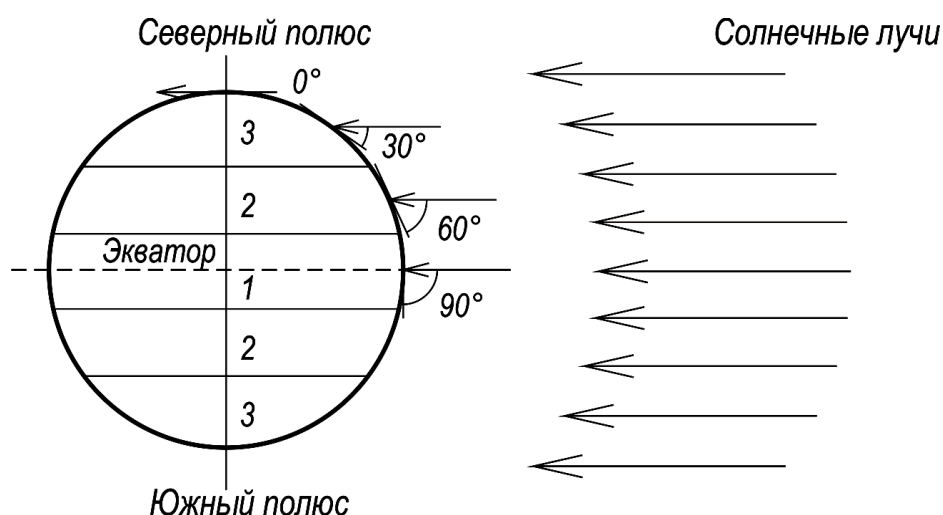


Рис.1.1. Схема падения солнечных лучей на земной шар:

1 – жаркий климатический пояс; 2 – умеренный климатический пояс;
3 – холодный климатический пояс

В связи с представлениями об углах падения солнечных лучей на Землю, климат планеты делился по широтному принципу на жаркий, умеренный и холодный.

Однако, в пределах одного широтного пояса наблюдаются различные климаты, потому что в формировании климата планеты существенную роль вносят и другие климатообразующие факторы:

- циркуляция атмосферы;
- влагооборот;
- рельеф, наличие гор;
- высота над уровнем моря;
- характер растительности;
- снежный покров;
- наличие морей и крупных водоемов.

Например, на вершинах гор, даже в жарком поясе, лежит снег, возникают местные ветры: прибрежные, горные, ледниковые за счет разной температуры отдельных участков земной поверхности и т.п.

Таким образом, **климат** – это совокупность и последовательность смены всех возможных в данной местности состояний атмосферы. Состояние атмосферы за короткий промежуток времени называют **погодой** (солнечная погода, дождливая, холодная, снежная и т.д.). Климатом называют также многолетний режим погоды.

Климат планеты подразделяется на характерные разновидности, связанные с определенными территориями:

- континентальный климат;
- приморский климат;
- климат умеренных широт;
- арктический климат;
- тропический климат и др.

Каждая разновидность климата характеризуется определенными величинами значений основных климатических факторов и закономерностями их изменений в течение года и других временных периодов. К основным климатическим факторам относят солнечную радиацию, температуру и влажность воздуха, скорость и направление ветра, количество и интенсивность твердых и жидких осадков.

Всю историю своего существования человек боролся с неблагоприятными погодными факторами и старался максимально использовать благоприятные погодные условия. Наиболее ярко это проявилось в строительстве традиционных народных жилищ, которые оказываются наиболее эффективными в своем климате. В табл. 1.1 приведены характерные для некоторых разновидностей климата объемно-планировочные и конструктивные решения жилищ, адаптированные к условиям местного климата.

Таблица 1.1

Климатические районы и особенности народных жилищ

Территории; значимые характеристики	Отличительные особенности народных жилищ
Климат Российского Севера (низкие температуры воздуха и снегозаносы)	Жилые дома объединялись с хозяйственными постройками под одной крышей, чтобы избежать снегозаносы внутренних дворов. С этой же целью изба поднималась на подклеть, и устраивалось высокое крыльцо. Улицы населенных пунктов располагались вдоль направления зимних господствующих ветров, чтобы максимально снизить снегозаносы проезжей части улицы. Нижние венцы бревен в избах имели больший диаметр, что обеспечивало более теплую поверхность бревен, вдоль которых располагались спальные места на лавках
Климат Средней Азии (палящее солнце, низкая влажность, пыльные бури)	Для защиты от пыльных бурь строят замкнутый дворик. Теневые навесы по периметру дворика обеспечивают благодатную тень в любое время суток. Озеленение дворика, устройство в нем водоемов или арыков увлажняют воздух. Плоская толстая крыша жилой части дома защищает от солнечного перегрева помещений
Климат экваториального пояса (Индонезия): (высокая температура поверхности земли и воздуха)	В дневное время поверхность земли прогревается до температур, позволяющих выпекать яйца. Для снижения влияния этих температур на жилые хижины, их поднимают над землей на столбы. Стены хижин делают легко продуваемыми ветром, для дополнительного охлаждения воздуха в хижине

Даже в современных условиях, при высоком развитии строительной науки и техники, климат и геофизические условия требуют специальных строительных решений. Например, в районах вечной мерзлоты многоэтажные здания располагаются над землей на столбах высотой 1-1,5 м с тем, чтобы исключить оттаивание вечной мерзлоты под зданием. В сейсмоопасных районах требуются особые конструкции несущих систем.

Развитие транспортных путей между странами и континентами дало возможность видеть и оценивать достоинства различных архитектурных творений, и как следствие этого появилось заимствование, копирование и перенос визуальных образов из одной климатической зоны в другую. Архитектурные объекты, созданные для одного климата, теряли свои эксплуатационные качества в другом климате.

Анализ подобных явлений привел к необходимости систематического изучения влияния климата на объемно-планировочные и конструктивные решения зданий. Так зародилось самостоятельное направление «Строительная климатология». Основной задачей

строительной климатологии становится получение статистически обеспеченной метеорологической информации о параметрах климата с точки зрения его влияния на объемно-планировочные и конструктивные решения зданий. Достоверность этой информации определяется совместной работой метеорологов и специалистов по проектированию зданий.

С возникновением городов возникает искусственная среда обитания, отличающаяся от природной. Городская среда становится дополнительным климатообразующим фактором; влияние города на собственный климат тем больше, чем крупнее город. Это проявляется в повышении температуры воздуха в городе за счет большего поглощения солнечной радиации материалами крыш и стен зданий, материалами покрытия городских дорог и мостовых. Традиционные строительные материалы поглощают от 50 до 80% тепла солнечной радиации. В городских улицах и переулках возникают сильные ветры за счет уплотнения воздушных масс застройкой. Еще Витрувий (I век до н.э.) предупреждал о ветрах в переулках города: «холодные – неприятны, знойные – нездоровы, влажные – вредны».

Таким образом, *городской климат – это местный климат крупного города, создаваемый им самим*. Первое представление об отличии климата города от окружающей его местности дает табл. 1.2.

Таблица 1.2

Отличие климата города от окружающей его местности

Климатические факторы	Изменение величины фактора в городских условиях
Температура воздуха	Увеличивается на 1–6°C
Относительная влажность воздуха	Понижена на 6%
Солнечная радиация	Снижается на 10–15%
Продолжительность светового дня	Укорачивается на 15–20 мин.
Осадки, туманы	Осадки увеличиваются на 10–15%
	Туманы увеличиваются на 30–100%
Городской бриз	Приток воздуха от окраин к центру города

Климат города становится предметом самостоятельных исследований [1,15,37]. Все это породило новое научное направление «Градостроительная климатология», которая становится самостоятельной дисциплиной в вузах по направлению подготовки – «Градостроительство».

1.2 Климатология и экология города

Город не только изменяет климат внутри себя по сравнению с окружающей его местностью, но и порождает смежные проблемы – экологические.

Города раннего и позднего средневековья отличались стихийной застройкой, скученностью населения, отсутствием элементарных бытовых удобств, что породило первые экологические проблемы города:

- санитарно-гигиенические (отсутствие ливневой и фекальной канализации, сбора и утилизации нечистот; появляются условия возникновения и быстрого распространения инфекционных заболеваний);
- пожароопасные (особенно в тех районах, где дерево было основным строительным материалом);
- транспортные (на узких улицах два экипажа не в состоянии разъехаться, улицы без твердого покрытия представляли собой грязные, сточные канавы с нечистотами);

В современных городах ряд экологических проблем средневековья устранен, но появляются новые проблемы, которые возникают вслед за техническим прогрессом и степенью урбанизации.

Современный город «перерабатывает» большой перечень материалов и энергий, а «производит» в виде полезной продукции и отходов другой перечень. В табл. 1.3 приведен основной перечень материалов и энергий, проходящих через город.

Таблица 1.3

«Потребление» и «производство» современного города

«Потребление»	«Производство»
Солнечная радиация	Продукция предприятий
Осадки	Тепло
Кислород	Электромагнитные излучения
Электрическая энергия	Шум
Топливо	Углекислота и другие газы
Сырье и материалы	Аэрозоли, пыль, сажа, зола
Продукты питания	Городские отходы
Химикаты	

Климатические и экологические факторы в городе действуют, как правило, совместно. Например, газопылевые выбросы предприятий и аэрозоли могут захватываться дождями и образуются так называемые «кислотные дожди».

Перечень экологических проблем современного города достаточно большой. К основным проблемам следует отнести загрязнение структурных элементов биосферы: воздушного бассейна, водоемов и

питьевой воды, загрязненность и нарушенность почв. Основной причиной этих загрязнений является деятельность промышленных и энергетических предприятий.

Контроль загрязнения элементов биосферы осуществляется через научно обоснованные значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе, воде и почве. Система контроля предполагает постоянный мониторинг ПДК в воздухе, воде и почве. Контролю подлежат максимальная разовая ПДК и среднесуточная ПДК.

Для промышленных предприятий устанавливается норматив предельно-допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ, при которых в атмосфере, воде или почве не будут достигнуты предельно-допустимые концентрации.

Наряду с загрязнением элементов биосферы, в городах возникает ряд других вредных воздействий техногенного характера на человека и городская экология рассматривает:

- шумовое загрязнение городской среды (шумы от промышленных предприятий, от городского транспорта, бытовые шумы и т.д.);
- электромагнитное загрязнение (электрические сети, бытовые приборы, радио- и телевещательные станции, сотовая телефонная связь и т.д. воздействуют на человека в большом диапазоне частот и при различной мощности);
- вибрации в зданиях от различных источников;
- тепловое загрязнение городских водоемов и др.

Кроме того, в градостроительстве возникают проблемы, лежащие на стыке экологии и климатологии, например, геофизическая, связанная с состоянием грунтовых оснований в различных климатических районах России: глубина промерзания грунтов, тип оснований (пучинистые грунты, карсты и др.), вечная мерзлота (47% территории страны занимает вечная мерзлота), сейсмоопасные территории (на этих территориях проживает 40 млн. чел.), пустыни и подвижные пески, нарушенные территории города (вскрыши, карьеры, овраги, провалы поверхности, заболоченные территории и т.д.) – 8–10% городских территорий и т.п.

Краткий обзор климатологии и экологии города показал, что эти проблемы тесно связаны. Однако, климатологические проблемы являются первичными, поэтому в дальнейших разделах рассмотрены проблемы климатологии в приложении к задачам архитектуры и строительства.

1.3 Краткая история разработки климатических нормативов для строительства

С древнейших времен человек стремился создать себе такое жилье, которое бы максимально использовало положительные воздействия климатических факторов и сводило к минимуму их отрицательное

воздействие. До наших дней дошли рекомендации классиков градостроительного искусства Древней Греции и Древнего Рима – Аристотеля, Ксенофонта, Витрувия. Даже Гиппократ, «отец медицины», предостерегает жителей древних городов о возможных болезнях в зависимости «от расположения города».

Однако, строительная климатология, как наука, стала развиваться только в XX веке, и одной из главных задач этой науки стала разработка климатических нормативов для строительства, архитектуры и градостроительства.

В «Урочном положении» 1912 года издания [41], где подробно описаны строительные материалы, работы и приведены нормы проектирования зданий различного назначения, вопросы учета климата не затронуты. Единственное предписание, найденное в цитируемой работе, касается толщины стен для жилых зданий – «наименьшая толщина наружных стен из кирпича узаконена у нас, вследствие климатических условий: для северной и средней полосы в 2,5 кирпича (64 см или 15 вершков или 0,30 сажени)».

Одним из первых документов были «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений», 1930г. [42]. В этом документе даны указания об учете отношения световой площади окон к площади пола в жилых зданиях (от 1/10 до 1/7 для южных районов и от 1/8 до 1/6 для средних и северных районов). В этом же документе даны нормы уклона крыш и нормы по снеговой нагрузке на крыши для тех же районов.

В 1933 году был опубликован документ «Основные строительные нормы. Температуры расчетные» [43], где впервые было введено понятие расчетных температур наружного воздуха, по которым определялось требуемое сопротивление теплопередачи наружных стен. Расчетную температуру наружного воздуха t_n вычисляли по эмпирической формуле, предложенной В.М. Чаплиным:

$$t_n = 0,4 \cdot t_{cx} + 0,6 \cdot t_{ам} , \quad (1.1)$$

где: t_{cx} – средняя температура воздуха за самый холодный месяц, °С,
 $t_{ам}$ – абсолютный минимум температуры воздуха для данного географического пункта, °С.

В цитируемом документе представлены значения t_n для 144 пунктов. Например, для Москвы $t_n = -30$ °С.

В 1934 году в «Основных строительных нормах. Жилые здания» [44] приведено климатическое районирование территории Советского Союза и выделено четыре района: северный, средний, южный и субтропический. Деление на районы проведено на основе данных по температуре воздуха за самый холодный (январь) и самый жаркий (июль) месяцы. Требования к

ограждающим конструкциям жилищ ограничились толщиной стен: в северном районе толщина стен должна быть 2,5 кирпича. Введено понятие средних расчетных температур за отопительный период.

«Временные строительные правила...», 1935 года [45] дополнены предписанием по устройству сплошных галерей в жилых зданиях для южных и субтропических районов.

В «Нормах и данных для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций...» 1937 года [46] приведена другая методика определения расчетных температур наружного воздуха. Расчетную температуру t_n предложено определять как среднюю из среднесуточных температур наиболее холодных пятидневок за последние 10 лет, увеличенную на 0,5 °С на каждые 1000 градусо-суток отопительного периода. При этом отопительный период определялся температурой +5°С. Эта методика давала для Москвы $t_n = -26^{\circ}\text{C}$.

Во «Временных нормах...», 1938 года [47] вводятся ограничения на ориентацию жилых комнат по странам света, связанную с солнечной радиацией.

В «Нормах...» 1939 г. [48] впервые была установлена связь между требуемым (нормируемым) сопротивлением теплопередачи ограждающих конструкций и расчетной температурой наружного воздуха для жилых зданий. При этом нормируемое сопротивление теплопередаче определялось из условия недопустимости образования конденсата на внутренней поверхности ограждений. Расчетную температуру наружного воздуха определяют по формуле В.М. Чаплина, то есть для Москвы снова $t_n = -30^{\circ}\text{C}$. Границы отопительного периода определены при средней за сутки $t_n = +5^{\circ}\text{C}$.

В 1954 году утвержден комплексный нормативный документ – «Строительные Нормы и Правила» (СНиП), состоящий из четырех частей. Во вторую часть «Нормы проектирования» входили отдельные главы, в которых были широко представлены различные климатические показатели и нормы. Так, глава СНиП II-В.3-54 «Строительная теплотехника» содержала специальный раздел с нормативными показателями по строительной климатологии и геофизике. В главе СНиП «Нагрузки и воздействия» использованы нормативы климатических показателей для расчета нагрузок: ветровых, снеговых, гололедных и приведены Карты климатического районирования территории СССР по грунтовым условиям.

При определении расчетной температуры наружного воздуха зимнего периода в главе СНиП II-В.3-54 вновь возвращаются к средней температуре наиболее холодной пятидневки для четырех наиболее холодных зим за определенный период. Для Москвы происходит возврат к температуре $t_n = -26^{\circ}\text{C}$, (а не -30°C).

Расчетная летняя температура наружного воздуха принимается равной средней температуре в 13 часов самого жаркого месяца.

Границы отопительного периода определяются, как и прежде, температурой наружного воздуха $+5^{\circ}\text{C}$.

Три десятилетия упорной работы по установлению нормативов климатических факторов для целей проектирования и строительства позволили обобщить исследования и в 1962 году издать отдельную главу СНиП II-A.6-62 «Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования». В главу вошло множество нормативов по основным климатическим факторам: температурам наружного воздуха и его влажности, солнечной радиации, осадкам, ветровому режиму и т.д. Впервые приведена карта «Зон влажности» территории страны, при составлении которой учтены влажность климата, влажностный режим помещений, количество солнечной радиации, количество осадков в теплый период года, температуры января и июля. В этой главе изменена граница отопительного периода с $+5$ на $+8^{\circ}\text{C}$. Значения расчетных температур наружного воздуха принимаются в зависимости от массивности ограждающих конструкций (тепловой инерции $D = R \cdot s$). При $D > 7$ – это средняя температура наиболее холодной пятидневки, а при $D < 4$ – средняя температура наиболее холодных суток.

Для оценки расчетных температур наружного воздуха была разработана специальная методика, для которой требовался ряд метеорологических наблюдений за 50 лет, из которого выбираются 8 зим с наиболее холодными температурами за пять суток или за одни сутки.

Для географических пунктов, где не было 50-летнего ряда наблюдений, в СНиП приводятся эмпирические формулы для оценки температуры пятидневки и суток:

– средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{н5}$:

$$t_{н5} = 1,25 t_{cx} + T, \quad (1.2)$$

– средняя температура воздуха наиболее холодных суток $t_{н1}$:

$$t_{н1} = 1,31 t_{cx} + T_1 \quad (1.3)$$

В главе СНиП приведены необходимые карты и таблицы для определения t_{cx} , T и T_1 .

Для Москвы расчет дает $t_{н} = -26^{\circ}\text{C}$

Можно видеть, что обоснование климатических нормативов для строительства не является простым, опытным путем проверяются различные методики. Положительным является тот факт, что разработка климатических нормативов проводится через задачи проектирования и строительства в привязке к обеспечению санитарно-гигиенических и комфортных условий в зданиях и на территориях застройки.

Появились нормативные документы, которые учитывают не только отдельные климатические факторы, но и комплексы климатических и экологических факторов. Примером такого комплексного нормирования является СНиП II-60-75, переизданный в 1990 году – СНиП 2.07-89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», где предусмотрено функциональное зонирование территории города с учетом климатических и экологических факторов.

Наряду со Строительными Нормами и Правилами (СНиП) получили развитие Санитарные Правила и Нормы (СанПиН) и Государственные стандарты (ГОСТ), в которых с гигиенических и комфортных для человека позиций устанавливаются требования к различным параметрам окружающей среды:

- к воздуху рабочей зоны [60],
- к микроклимату в помещениях [61],
- к жилым зданиям и помещениям [62],
- к качеству атмосферного воздуха населенных мест [63],
- к аэроионному составу воздуха производственных и жилых помещений [64],
- к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [74],
- к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий [70].

Таким образом, к настоящему времени сформированы основы нормирования климатических параметров для проектирования и строительства как для отдельных зданий, так и для городских поселений. Вместе с тем, исследования климатических факторов и их воздействий на здания и территории продолжаются, что служит основой для дальнейшего совершенствования нормативной документации.

1.4 Мониторинг климатических факторов и формирование метеорологической информации

Основными климатическими факторами, формирующими климат города, являются: солнечная радиация, температура и влажность воздуха, твердые и жидкие осадки, атмосферное давление, скорость и направление ветра. Эти же факторы требуют учета при проектировании теплозащиты ограждающих конструкций, микроклимата и санитарно-гигиенических условий в помещениях зданий и сооружений.

Важное значение имеет изучение сочетания ряда факторов:

- ветер с температурой (охлаждающее воздействие ветра на человека и жилую среду);
- ветер с дождем (увлажнение стен при косых дождях);
- ветер со снегом и пылью (метели, снегозаносы и пыльные бури).

Такие климатические факторы, как температура и влажность воздуха, имеют свойство **скалярной** характеристики, в то время как солнечная радиация, ветер и осадки являются **векторными**, что предопределяет требования к ориентации зданий, сооружений и городских территорий по странам света.

Основой для изучения климатических факторов являются результаты наблюдений за элементами климата, полученные на метеорологических станциях.

В России эти наблюдения регулярно ведутся с XIX века на небольшом количестве метеостанций 3 раза в сутки. С развитием промышленности, транспорта, сельского хозяйства неуклонно развивалась сеть метеостанций и количество наблюдений в сутки. С 1966 года наблюдения ведутся уже 8 раз в сутки, и действует более 10000 метеостанций.

Для мониторинга климатических факторов используются как традиционные приборы и оборудование, требующие записи показаний приборов «вручную», так и оборудование, регистрирующее показатели климатических факторов в автоматическом режиме с записью на бумажных и электронных носителях.

Ниже приведено описание ряда традиционных приборов по контролю климатических факторов [23].

На рис. 1.2 показаны приборы, устанавливаемые в психрометрической будке. Вертикально расположенный левый термометр называется «сухим», это основной термометр по измерению текущей **температуры воздуха**. Вертикально расположенный правый термометр называется «мокрым», потому что его спиртовой резервуар обернут батистовой тканью и в момент снятия показаний смачивается водой из стаканчика. По разности показаний «сухого» и «мокрого» термометров на основе психрометрических таблиц определяется **относительная влажность воздуха**. В центре приборов установлен волосной гигрометр, который также определяет относительную влажность воздуха. Принцип действия гигрометра основан на изменении длины волоса при изменении его влажности, что и приводит в действие стрелку прибора.

Горизонтально расположены максимальный и минимальный термометры, предназначенные для измерения **максимальных и минимальных температур воздуха**. Принцип действия этих термометров заключается в том, что, достигнув экстремальных значений, спиртовые столбики термометров сохраняют эти значения при последующих изменениях температуры воздуха. После снятия показаний минимальный и максимальный термометры встряхивают.

Для измерения солнечной радиации используют несколько типов приборов, называемых актинометрами, принцип действия которых основан на превращении солнечной энергии в электрическую. Термоэлемент -

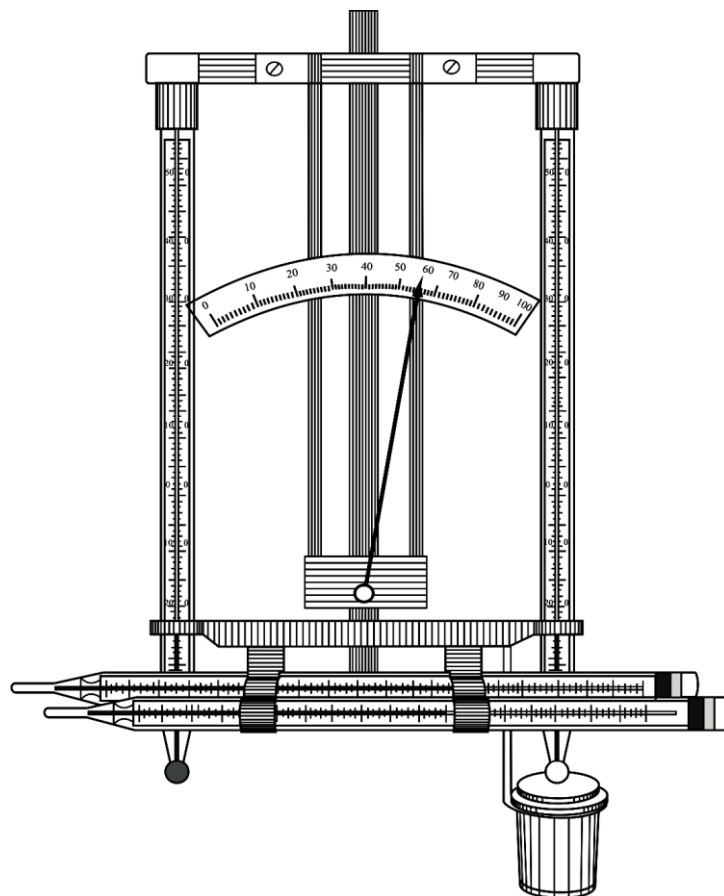


Рис. 1.2. Установка приборов в психрометрической будке

трический актинометр Савинова - Янишевского используют для измерения **прямой солнечной радиации**, рис. 1.3. В момент измерения труба актинометра должна быть нацелена на солнце. Для измерения **суммарной и рассеянной солнечной радиации** используют термоэлектрический пиранометр П-3х3 (рис.1.5) и походный альбедометр АП-3х3 (рис. 1.4). Термоэлектрическая батарея этих приборов состоит из черных и белых пластин, расположенных в шахматном порядке. За счет разности нагрева черных и белых пластин возникает термоток. Для защиты от механического воздействия и непогоды термоэлектрическая батарея защищена полусферой из кварцевого стекла. Пиранометр П-3х3 используется, как правило, в стационарных условиях. Для оценки суммарной солнечной радиации стеклянная полусфера с батареей должна быть открыта солнцу, а для оценки рассеянной солнечной радиации стеклянная полусфера должна быть затенена от попадания прямых солнечных лучей специальным экраном, прикрепленным к пиранометру на стержне. Походный альбедометр предназначен не только для измерения суммарной и рассеянной солнечной радиации, но также **отраженной радиации** (земли, соседних зданий и т.п.). Для этих измерений стеклянная полусфера альбедометра должна быть ориентирована соответствующим образом.

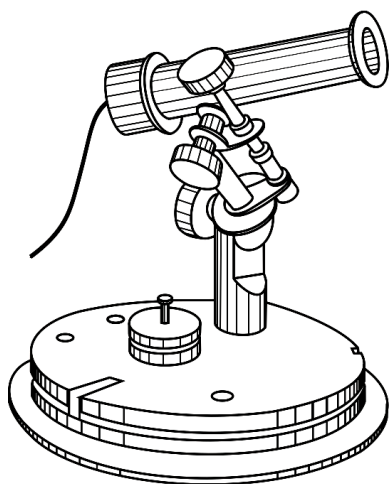


Рис.1.3.Общий вид термоэлектрического актинометра Савинова-Янишевского

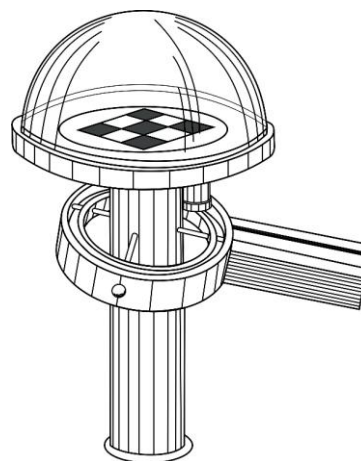


Рис.1.4. Походный альбедометр АП-3х3.

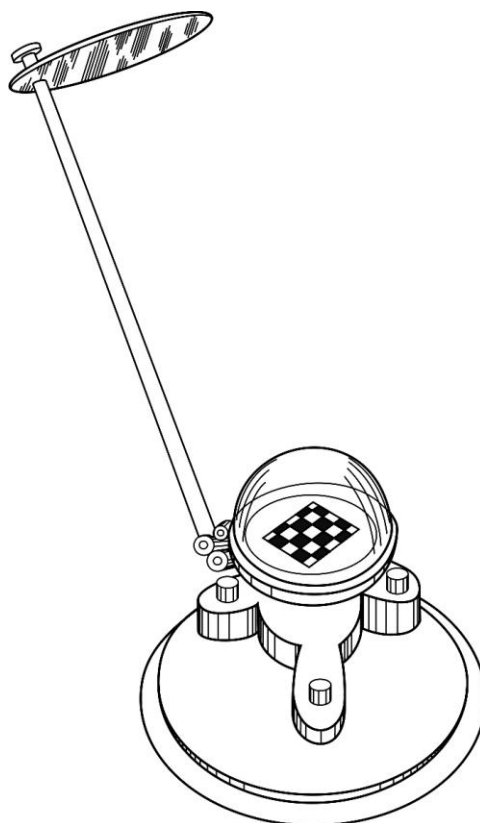


Рис. 1.5. Термоэлектрический пиранометр П-3 x 3

На метеостанциях измерения ветра проводят на высоте 10-12 м от уровня земли с тем, чтобы исключить влияние шероховатости и завихрений воздушных потоков в приземном слое. Первоначально для измерения ветра использовались флюгеры с легкой и тяжелой доской.

Доски флюгера подвешивались на горизонтальной оси и отклонялись от вертикали при действии ветра. Для малых скоростей ветра использовалась легкая доска, для больших – тяжелая. Таким образом, по флюгеру определялось направление ветра, а по доске – его скорость.

В последние годы появились современные приборы – анеморумбометры, которые позволяют не только измерять, но и записывать данные о **скорости и направлениях ветра** для хранения и последующей обработки. На рис. 1.6 представлен один из анеморумбометров (не самый современный, но широко используемый). Он содержит две основные части: 1) измеритель скорости ветра и направления, устанавливаемый на высоте 10-12 м и 2) дистанционный измерительный блок.

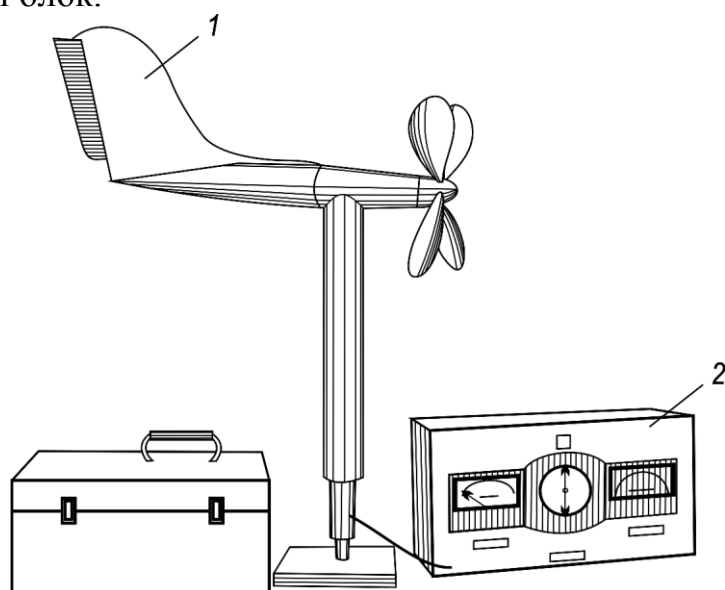


Рис. 1.6. Анеморумбометр

Для измерения жидких осадков используются различного типа осадкомеры и дождемеры, представляющие собой цилиндры (ведра) различных диаметров. Количество дождя, попавшее в цилиндры, измеряется. По измеренному количеству воды и приемной площади цилиндра делают заключение о количественной характеристике осадков.

Весьма важной характеристикой жидких осадков является интенсивность дождя. Для измерения интенсивности осадков используются плувиографы. Наиболее распространенный тип плувиографа представлен на рис. 1.7 [23].

Плувиограф (рис. 1.7) состоит из цилиндрического сосуда 1 с приемной площадью 500 см^2 . В нижней части сосуд переходит в конус, заканчивающийся сливной трубкой, которая вставляется в воронку трубки 2, идущей от поплавковой камеры 3. Приемный сосуд соединен с железным цилиндрическим корпусом. Передняя часть его имеет вырез и

закрывается дверцей, укрепленной на петлях и снабженной замком. Поплавковая камера укреплена внутри корпуса. Осадки через приемное ведро поступают в поплашковую камеру, внутри которой находится полый металлический поплавок 4 со стержнем 5 и стрелкой 6, заканчивающейся пером. Сбоку поплашковой камеры впаяна трубка 7, в которую вставляется стеклянный сифон 8. Рядом с поплашковой камерой укреплен барабан 9 с часовым механизмом. На барабан надевается бумажная лента. Горизонтальные линии на ней соответствуют количеству осадков, а вертикальные – времени. Одно горизонтальное деление равно 0,1 мм осадков, а одно вертикальное – 10 мин. На крышке поплашковой камеры укреплен арретир, служащий для отвода стрелки от барабана. В нижней части корпуса прибора помещается контрольный сосуд 10, в который сливаются осадки из поплашковой камеры.

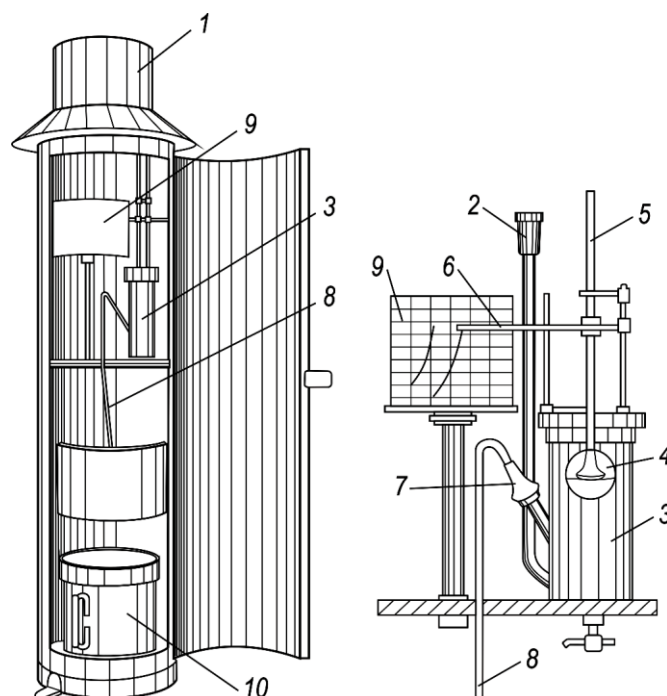


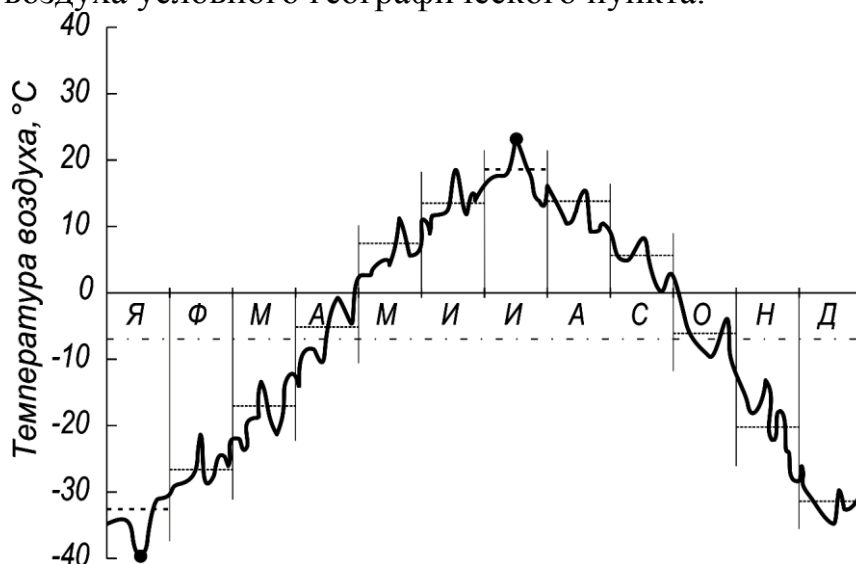
Рис. 1.7. *Плювиограф для измерения интенсивности жидких осадков*

При выпадении осадков вода из приемного сосуда 1 переливается в поплашковую камеру 3. При этом поплавок, находящийся в камере, поднимается, и перо начинает писать на ленте, причем, чем интенсивнее осадки, тем круче подъем кривой. Как только осадки заполнят поплашковую камеру, начинает действовать сифон 8 и вода из камеры автоматически выливается в контрольный сосуд. В этот момент перо опускается вниз и чертит на ленте вертикальную линию от верхнего края до нулевого положения. Если осадки продолжают выпадать, поплашковая камера снова наполняется водой, и перо поднимается вверх. Если осадки прекращаются, перо чертит на ленте горизонтальную линию.

Для измерения твердых осадков в виде снега используются снегомерные рейки, которые могут быть постоянными (зафиксированными на определенных участках в земле) и маршрутными (переносными), которыми измеряют высоту снежного покрова.

Для измерения климатических факторов в условиях городской среды и в помещениях зданий используются традиционные приборы (психрометры Августа и Ассмана), а также современные электронные приборы (измерители температуры, влажности, скорости ветра и солнечной радиации), рис. 1.8.

Величина климатического фактора, зафиксированная в расчетные сроки на метеостанциях, носит случайный характер, в период между сроками эта величина может иметь другие значения. Однако, на основе статистической обработки первичных данных метеостанций можно получить относительно устойчивые параметры климатических факторов. В качестве примера на рис. 1.9 приведена непрерывная запись годового хода температуры воздуха условного географического пункта.



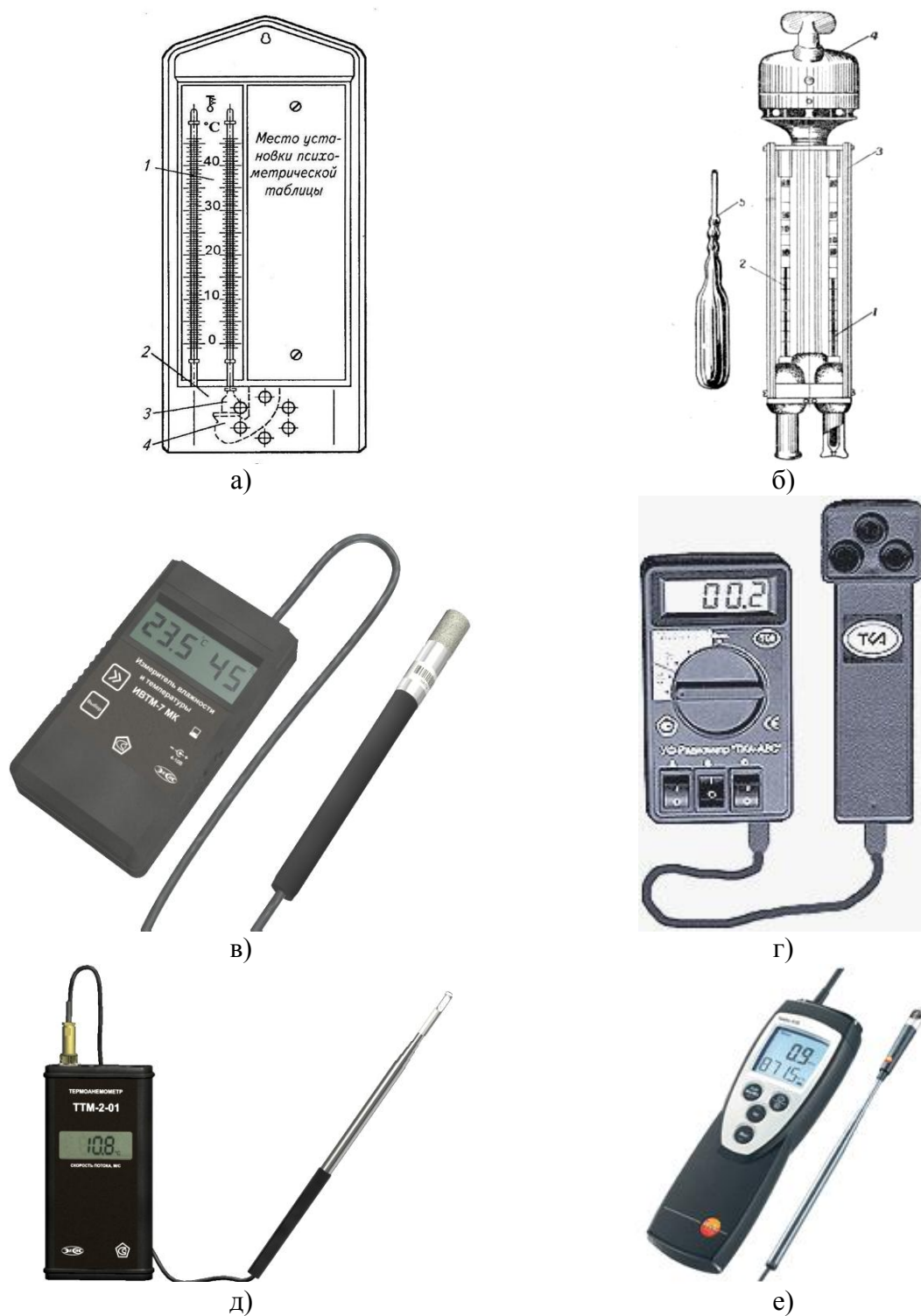


Рис. 1.8. Приборы для контроля климатических факторов:

- а) гигрометр Августа. 1–термометры, 2–основание, 3–фитиль, 4–емкость для воды;
 б) аспирационный психрометр Ассмана. 1–термометр (влажный), 2–термометр (сухой), 3–термозащита, 4–аспираторная головка механическая, 5–груша с водой;
 в) измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 МК; г) УФ-радиометр «ТКА-АВС»;
 д) термоанемометр ТТМ-2-01; е) термоанемометр testo-416

значений за данный месяц. Среднее годовое – из всех средних месячных значений.

Экстремальные значения. Средние значения факторов позволяют сравнивать климаты разных районов, но их недостаточно для полной характеристики климатических условий конкретной местности.

В климатологических справочниках приводятся данные по:

- абсолютным экстремумам (максимальным и минимальным) метеорологического фактора, который наблюдался за весь период наблюдений;
- средним из годовых экстремальных величин;
- средним экстремумам за месяц (средние значения из максимумов и минимумов за каждые сутки).

Абсолютные экстремумы весьма редки, поскольку определяются редко наблюдаемыми атмосферными процессами, в то время как средние из экстремальных величин более устойчивы в пространстве, поскольку обусловлены постоянно действующими факторами, характерными для значительных территорий.

Амплитуды. В метеорологии и климатологии амплитудой называют разность между максимальным и минимальным значениями фактора за определенный отрезок времени (сутки, месяц, год и т.д.). Этим определяется, например, нагрев и охлаждение материалов строительных конструкций, увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание и т.д. Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха наиболее жаркого и наиболее холодного месяцев характеризует степень континентальности климата, что, в свою очередь, диктует требования к генеральным планам застройки города, объемно-планировочным решениям зданий, выбору конструкций ограждений зданий.

Повторяемости. Этот показатель определяет частоту наблюдения величины климатического фактора в данной местности. Например, повторяемость ветра больше определенной величины (для расчета ветровых нагрузок) или повторяемость ветра по румбам (для оценки господствующих ветров); повторяемость отрицательных температур воздуха ниже заданной величины (для теплотехнических расчетов ограждений зданий) и т.д. В климатологии понятия «повторяемость» и «вероятность» нередко отождествляют, и используют эту характеристику для вероятностного прогноза.

Непрерывная продолжительность действия климатического фактора является важной характеристикой климата. Непрерывная продолжительность дождей предопределяет степень увлажнения конструкций, то же – интенсивных дождей – диктует требования к техническим решениям ливневого водоотвода с территории города и водоотвода с кровли здания. Непрерывная продолжительность

отрицательных температур воздуха ниже определенной величины диктует требования к массивности конструкции ограждений зданий.

Рассмотренные выше климатические факторы и их характеристики носят общий характер. За редким исключением они не привязаны к нуждам архитектурно-строительной отрасли. В связи с этим, следует подробно проанализировать каждый из основных климатических факторов.

РАЗДЕЛ II

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

2.1 Солнечная радиация

Солнечная радиация представляет собой мощный поток электромагнитного излучения различных длин волн. На актинометрических станциях наблюдения за солнечной радиацией проводят в диапазоне длин волн от 300 до 4000 нм, на этот диапазон приходится 99% всей энергии солнечного спектра. Плотность потока солнечной радиации (в некоторых источниках – интенсивность или напряженность) на верхней границе атмосферы называют солнечной постоянной (S_0). Этот поток для средних широт ($38 - 64^\circ$ с.ш.) приблизительно равен 1200 Вт/м^2 ($1,8 \text{ кал/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})}$)* [16].

При прохождении через атмосферу часть солнечной энергии теряется за счет поглощения и рассеяния.

Солнечную радиацию в качестве источника тепловой энергии обычно рассматривают как прямую (S), рассеянную (D) и суммарную (Q). *Прямая* радиация – это часть энергии от видимого диска солнца, *рассеянная* – это часть энергии от небосвода без учета прямых солнечных лучей, *суммарная* – представляет собой сумму прямой и рассеянной радиации.

В количественном отношении тепловой поток прямой солнечной радиации на нормальную к лучам поверхность S_H можно определить по формуле:

$$S_H = S_0 \frac{\sin h_0}{\sin h_0 + C}, \quad (2.1)$$

где: S_0 – солнечная постоянная, принимаемая равной 1200 Вт/м^2 ;

h_0 – высота стояния солнца в данной местности в расчетный час суток, град.;

C – эмпирический коэффициент, характеризующий прозрачность атмосферы.

Приход солнечной радиации к зданиям зависит от географической широты местности, облачности, состояния и загрязненности атмосферы, ориентации поверхности, времени года и суток.

*) Для сравнения приводим данные в старой системе размерностей поскольку в справочниках и научной литературе ранних лет издания информация о солнечной радиации приводится в старой системе размерностей.

Ограждающие конструкции зданий представляют собой, в подавляющем большинстве, горизонтальные и вертикальные поверхности различных ориентаций. В современных зданиях встречаются ограждающие конструкции различных наклонов к горизонту, любых ориентаций и любой кривизны.

Интенсивность прямой солнечной радиации на поверхности любой ориентации ($S_{л.о.}$) можно определить по формуле:

$$S_{л.о.} = S_H \cdot \cos \theta, \quad (2.2)$$

где: θ – угол между направлением солнечного луча и нормалью к облучаемой поверхности.

Значение $\cos \theta$ зависит от угла падения луча и ориентации по странам света облучаемой поверхности, а также широты местности, времени года и определяется по формулам сферической тригонометрии.

В СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» [52] и других нормативных документах приводятся значения суммарной солнечной радиации (Q), содержащие прямую (S) и рассеянную (D) радиацию при безоблачном небе, приходящую к стенам зданий. При действительных условиях облачности по данным [29] значения Q будут меньше на 26-34 %.

Солнечная радиация, как источник тепловой энергии, характеризуется тепловым потоком (интенсивностью, напряженностью) и количеством тепла за определенный промежуток времени.

Тепловой поток (интенсивность, напряженность) солнечной радиации – это количество тепла, приходящее к какой-либо поверхности, в единицу времени, Дж/с^{*)} или Вт (кал/с, ккал/час). Если величину теплового потока отнести к единице площади облучаемой поверхности, получим характеристику, называемую **поверхностная плотность теплового потока**, Вт/м² (кал/см²·с, ккал/м²·час).

Если величину теплового потока умножить на продолжительность его воздействия на какую-либо поверхность, получим **количество тепла (теплоты)**, которое придет к данной поверхности за время действия теплового потока, Дж/м² (кал/см², ккал/м²) – за час, сутки, месяц, год.

Тепловой поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность имеет ярко выраженный максимум в полдень, когда высота стояния солнца (h_0) наибольшая. К восходу и заходу высота стояния солнца (h_0) снижается, снижается и тепловой поток. Для стен зданий различных ориентаций зависимости теплового потока от времени суток имеют более сложную форму, рис. 2.1 и 2.2. Следует иметь в виду, что на графиках представлена зависимость теплового потока от истинного (солнечного) времени суток, а не декретного.

^{*)} Дж = Вт · с, Вт = Дж/с

На этих графиках по оси ординат представлен тепловой поток солнечной радиации за 1 час. Если сложить значения интенсивности за весь световой день, получим сумму тепла солнечной радиации за сутки. В этом случае, для сумм тепла изменяется размерность с Вт/м² на Дж/м².

Суммируя суточные суммы тепла солнечной радиации, можно получить месячные или сезонные суммы тепла, приходящего к горизонтальным и вертикальным поверхностям. Для нестепрозрачных ограждающих конструкций этой информации бывает достаточно для составления теплового баланса зданий.

Для светопрозрачных ограждающих конструкций (световые проемы, витражи, световые фонари и т.п.) появляется дополнительная задача – о приходе количества тепла, поступающего в помещение через светопрозрачные конструкции. В этом случае, часть солнечной радиации будет отражаться от стеклянных поверхностей, часть будет поглощаться стеклом и переплетами, а часть проникать в помещение. Определенное значение имеет угол падения солнечного луча на остекленную поверхность и прозрачность стекла для различных участков солнечного спектра. В первом приближении рекомендуется использовать формулу:

$$Q_{\text{прон}} = S_{\text{ло}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \quad (2.3)$$

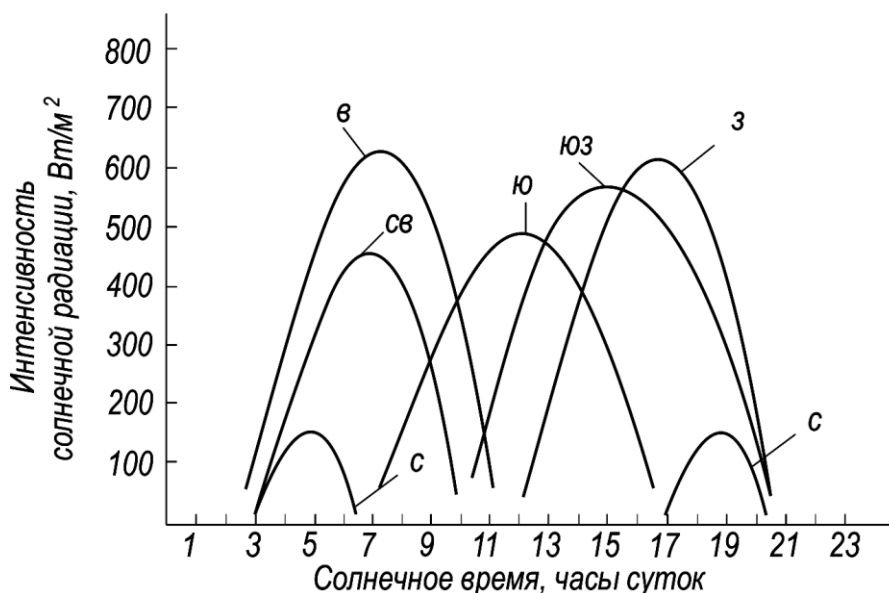


Рис. 2.1. Прямая солнечная радиация на стенах зданий различной ориентации в июле, 56° с.ш.

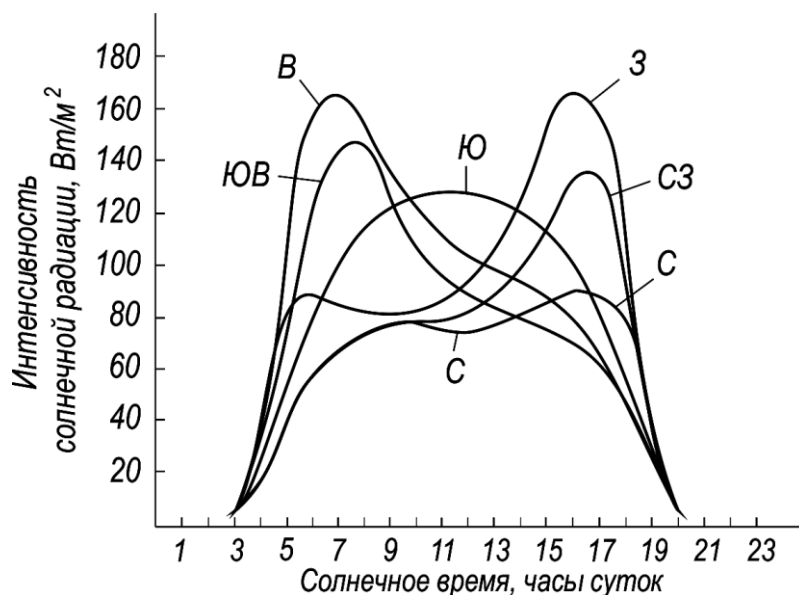


Рис. 2.2. Рассеянная радиация на стенах зданий различной ориентации в июле, 56° с.ш.

где: τ_1 — коэффициент пропускания солнечной радиации стеклом;
 τ_2 — коэффициент загрязнения остекленных поверхностей;
 τ_3 — коэффициент затенения конструктивными элементами светопрозрачных конструкций;
 $S_{\text{лю}}$ — значение прямой солнечной радиации, определенное по формуле (2.2)

Прямая солнечная радиация приводит к увеличению температуры облучаемых поверхностей. Эта температура зависит от интенсивности облучения и степени поглощения солнечной радиации материалами поверхностных слоев. Неучет этого явления приводит к негативным последствиям при эксплуатации зданий. Известны случаи плавления битумных мастик на совмещенных кровлях, когда расплавленная мастика проникает через стыки панелей в квартиры верхних этажей. Известны случаи сползания рулонных ковров с кровли, когда температура нагрева рулонного ковра из рубероида оказывается выше температуры плавления мастики. Известны случаи размягчения асфальтовых покрытий городских автомагистралей и образование колеи. В фасадных системах с облицовочным слоем из листовых материалов требуется учет температурных деформаций отдельных листов и системы в целом.

Для оценки нагрева материалов и конструкций под действием солнечной радиации обычно используют формулу Шкловера А.М.:

$$t_{\text{ног}} = t_{\text{н}} + \frac{\rho S}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (2.4)$$

где: $t_{\text{пов}}$ – температура облучаемой поверхности, $^{\circ}\text{C}$;
 $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
 ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом (табл. 2.1);
 S – интенсивность солнечной радиации, приходящей к данной поверхности, $\text{Вт}/\text{м}^2$;
 $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплообмена у наружной поверхности ограждений в летнее время, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$$\alpha_{\text{н}} = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}) \quad (2.5)$$

где: v – скорость ветра, м/с.

Таблица 2.1

Коэффициенты поглощения солнечной радиации (ρ) различными материалами

Наименование материала	ρ	Наименование материала	ρ
• Алюминий	0,5	• Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
• Асбестоцементные листы	0,65	• Плитка облицовочная белая или палевая	0,45
• Асфальтобетон	0,9	• Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
• Бетоны	0,7	• Сталь листовая окрашенная:	
• Дерево неокрашенное	0,6	- белой краской	0,45
• Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65	- темно-красной	0,8
• Кирпич глиняный	0,7	- зеленой краской	0,6
• Кирпич силикатный	0,6	• Сталь кровельная оцинкованная	0,65
• Облицовка белым природным камнем	0,45	• Стекло облицовочное	0,7
• Окраска силикатная темно-серая	0,7	• Штукатурка:	
• Окраска известковая белая	0,3	- известковая темно-серая или терракотовая	0,7
• Плитка облицовочная керамическая	0,8	- цементная светло-голубая	0,3
		- цементная темно-зеленая	0,6
		- цементная кремовая	0,4

Кажущаяся простота формулы Шкловера А.М. имеет свои особенности. Можно видеть, что в расчетах участвуют три климатических фактора: $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, S – интенсивность

солнечной радиации и v – скорость ветра. Указанные параметры должны быть отсчитаны в **один момент времени**, что и определяет точность расчетов. При этом следует иметь в виду, что параметры S и v имеют **векторную характеристику по отношению к исследуемой поверхности**.

Пример. Определить температуру асфальтного покрытия на городской площади Казани в 15⁰⁰ часов в июле месяце.

В суточном цикле температура воздуха достигает максимальных значений в 15⁰⁰, поэтому принимаем среднюю максимальную температуру для июля +24,7° С (см. табл.2.4). Для асфальтового покрытия $\rho = 0,9$ (см. табл.2.1). Тепловой поток на горизонтальную поверхность для 56°С с.ш. в июле составит 817 Вт/м² (см. табл. приложения в СП 23-101-2004). Скорость ветра для июля примем 3,6 м/с.

Все значения подставляем в формулу (2.4):

$$t_{нов} = t_H + \frac{\rho S}{\alpha_H} = 24,7 + \frac{0,9 \cdot 817}{1,16(5 + 10\sqrt{3,6})} = 24,7 + 26,4 = 51,1^\circ\text{C}$$

По спектральному составу солнечная радиация подразделяется на:

- ультрафиолетовое излучение (100 – 400 нм) ~ 4%;
- видимый свет (400 – 780 нм) ~ 54%;
- инфракрасное излучение (780 – 4000 нм) ~ 42 %

Ультрафиолетовая радиация областей А (315 – 400 нм) и В (280-315 нм) уничтожает болезнетворные бактерии, повышает устойчивость к заболеваниям и общий тонус. Именно с этим участком спектра связаны нормы(продолжительность)инсоляции помещений и территорий. Область С ультрафиолетовой радиации (100 – 280 нм) вызывает разрушение молекул белка, выцветание, старение и разрушение полимерных и строительных материалов. Эта часть ультрафиолетовой радиации учитывается при исследовании старения материалов и моделируется в камерах искусственной погоды при исследовании долговечности.

С увеличением широты местности снижается приход ультрафиолетовой радиации. Зона ультрафиолетового комфорта находится в интервале 50-55⁰ северной широты. К югу от этих широт ощущается избыток ультрафиолетового облучения, а к северу – дефицит.

В табл. 2.2 приведены основные характеристики УФ облучения по широтным зонам [29]. Из таблицы можно видеть, что УФ облучение нарастает с уменьшением географической широты местности по всем характеристикам: по годовым дозам УФ-радиации при $\lambda \leq 400$ нм – в 3 раза;

по годовым дозам УФ-радиации при $\lambda \leq 315$ нм – в 10 раз и по годовой дозе эритемной радиации – в 12 раз.

Закономерности инсоляции помещений имеют свои особенности. Здесь важным является не просто продолжительность облучения помещений солнечными лучами через световые проемы, но и требуется анализ спектра солнечной радиации, прошедшей через стеклянные конструкции световых проемов и его энергетические дозы. Широкая гамма стекол, используемых для светопроемов, имеет различную степень прозрачности для различных длин волн. В связи с этим нормы инсоляции помещений по продолжительности облучения являются некорректными и требуют исследований и уточнений.

Таблица 2.2

Основные характеристики широтных зон по УФ облучению

Характеристика	Широтная зона, град.							
	>72,5	72,5 – 67,5	67,5– 62,5	62,5– 57,5	57,5– 52,5	52,5 – 47,5	47,5 – 42,5	< 42,5
Число месяцев:	Зона УФ дефицита				Зона УФ комфорта			
–возможной гелиотерапии	2 (V-VI)	3 (V-VIII)	4 (V-VIII) 2 (VI-VII)	5 (IV-IX)	6 (IV-IX)	7 (III-X)	8 (III-X)	9 (II-XI)
–оптимальной гелиотерапии	–	–	–	3 (V-VIII)	4 (V-VIII)	5 (IV-IX)	6 (IV-IX)	7 (III-X)
–избыточного УФ	–	–	–	–	–	2 (VI-VII)	3 (VI-VIII)	5 (V-IX)
Годовые дозы УФ радиации, $\text{кВ} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-2}$ $\lambda \leq 400$ нм $\lambda \leq 315$ нм	30-32 0,2-0,3	40-45 0,5-0,6	55-60 0,7-0,9	65-70 1,1-1,2	75-80 1,4-1,5	85-90 2,0-2,1	95-100 2,4-2,5	110-115 3,1-3,2
Годовые дозы эритемной радиации, $\text{эр} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-2}$	35-40	70-80	90-110	130-140	150-160	240-250	380-400	450-460

Видимый свет (400 – 780 нм) определяет световой климат планеты и естественное освещение территорий и помещений.

Освещенность какой-либо поверхности естественным светом представляет собой плотность светового потока, отнесенную к единице поверхности: люмен/м². Это отношение получило наименование люкс (лк). Величина освещенности пропорциональна плотности потока в указанном участке спектра компонентов солнечной радиации: прямой, рассеянной или суммарной.

Наблюдения за естественной освещенностью не носят систематического характера, в связи с чем, для оценки освещенности используют данные по солнечной радиации через, так называемый

световой эквивалент. В работе [29] представляются следующие значения световых эквивалентов: для прямой радиации (S) – 65; суммарной (Q) – 70 и рассеянной (D) – 75 клк на 1 кал/см²· мин. В пересчете на современную размерность, световые эквиваленты будут равны: по S – 93 лк; по Q – 100 лк и по D – 107 лк на 1 Вт/м². Для практических расчетов можно принять среднее значение светового эквивалента – 100 лк на 1 Вт/м² или воспользоваться данными табл. 2.3 [29], если известны значения интенсивности солнечной радиации S, D или Q.

Таблица 2.3

Соответствие интенсивности прямой (S), рассеянной (D) и суммарной (Q) солнечной радиации интенсивностям прямой (E_S), рассеянной (E_D) и суммарной (E_Q) освещенности

Освещен-ность, клк	S, D или Q, Вт/м ²														
	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	840	910	980	
E _S	6	12	19	25	32	39	46	52	60	67	74	81	88	95	
E _D	7,	15,	22,	30,	37,	45,	-	-	-	-	-	-	-	-	
E _Q	5	0	5	0	5	0	49	56	63	70	77	84	91	98	
	6,	14	21	28	35	42									

Из табл. 2.3 видно, что при малых значениях интенсивности солнечной радиации, доля освещенности за счет рассеянной радиации является преобладающей. С увеличением интенсивности солнечной радиации вклад в освещенность прямой радиации становится определяющим.

На рис. 2.3 приведены осредненные по широтам значения освещенности в течение светового дня для реальных условий облачности [29]. Изолинии освещенности, в клк, рассчитаны для середины каждого месяца. Из рис. 2.3 видно, что в 12 часов (солнечного времени) освещенность будет максимальной на всех широтах. С увеличением широты местности суммарная освещенность снижается. Так, например, в сентябре на широте 40° освещенность в 12⁰⁰ часов превышает 70 клк, в то же время на широте 55° суммарная освещенность не достигает и 40 клк.

Для расчетов естественной освещенности в помещениях принимается нижний предел наружной освещенности, равный 5 клк, называемый критической или сумеречной освещенностью. Это тот предел наружной освещенности, при которой включают вечером или выключают утром искусственный свет в помещениях. На рис. 2.3 широта 56° (широта Казани) выделена жирной чертой и видно, что в каждом месяце, включая декабрь и январь, отмечается суммарная освещенность более 5 клк, хотя бы несколько часов в сутки. По изолиниям суммарной освещенности

можно определить продолжительность светового дня (освещенность более 5 клк) в часах за каждый месяц.

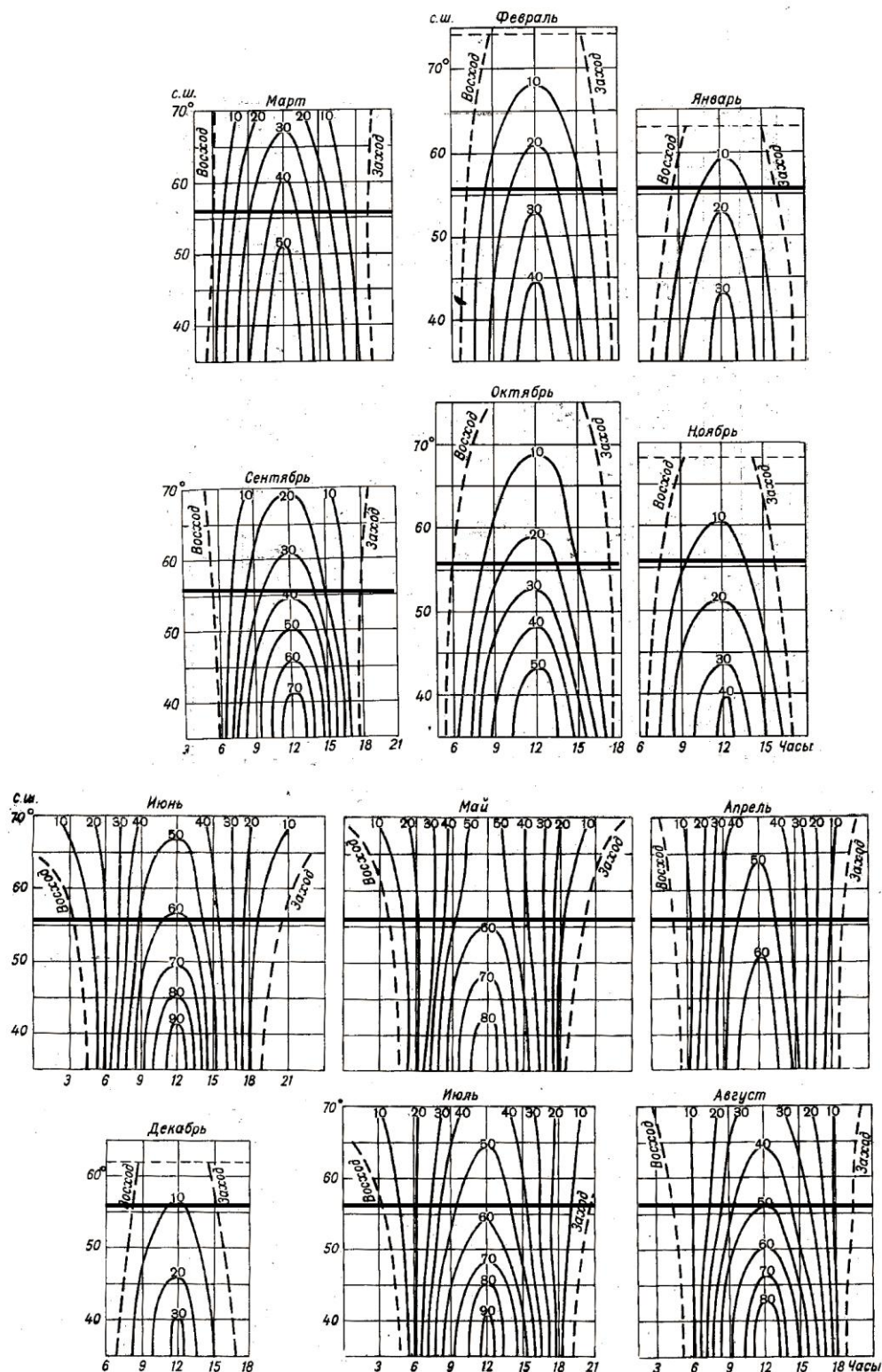


Рис.2.3. Широтное распределение суммарной освещенности на середину месяца в килолюксах

Важным элементом солнечной радиации является ее тепловая часть (*инфракрасное излучение* и частично видимый свет). В южных районах солнце несет избыток тепла и требуется защита городских территорий, отдельных зданий и помещений от перегрева. Избыток солнечной энергии используют для отоплений зданий, получения горячей воды и т.п.

В северных районах ощущается недостаток солнечной радиации, и важным является учет и использование солнечной радиации как санитарно-гигиенического фактора и фактора дополнительных тепlopоступлений к ограждениям зданий и через светопроемы в помещения.

2.2 Температура воздуха

Температура наружного воздуха является основным климатическим фактором, который определяет объемно-планировочные и конструктивные решения зданий. Нормативная литература по климатологии [50-53,71] содержит большой перечень температур воздуха в интервале от абсолютного минимума до абсолютного максимума для большого количества городов и населенных пунктов России и стран СНГ. В табл. 2.4 приведен перечень температур наружного воздуха по данным СНиП 23-01-99* и значения этих температур для Казани. В последнем столбце табл. 2.4 поименованы разделы проектной документации, где эти температуры используются как *расчетные параметры наружного воздуха*.

Для понимания расчетных параметров температур наружного воздуха, представленных в табл. 2.4, рассмотрим характер изменения температур воздуха во времени. В кажущейся хаотичности изменения температур воздуха во времени наблюдается несколько устойчивых циклов.

Суточный цикл изменения температур продолжительностью 24 часа имеет две характерные точки: минимальная температура в течение суток наблюдается в 3-4 часа утра, а максимальная – в 15 часов после полудня. Именно эта температура (средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца в 15 часов) принята для расчета теплоустойчивости ограждений и перегрева поверхностей, облучаемых солнечной радиацией.

Разница между минимальной и максимальной суточными температурами – амплитуда суточных колебаний температуры – является характеристикой изменчивости климата, которая влияет на процессы прохождения тепловых волн в ограждениях, на процессы увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания материалов ограждений. Величина суточных амплитуд температур воздуха может достигать десятки градусов, а колебания среднемесячных температур в разные годы – сотни процентов. В качестве примера в табл. 2.5 приведены

среднемесячные температуры наружного воздуха для Казани и их суточные амплитуды.

Таблица 2.4

**Наименования температур наружного воздуха для Казани по данным
СНиП 23-01-99* и величина расчетных температур для различных задач
проектирования теплозащиты зданий**

Наименования температур наружного воздуха по СНиП 23-01-99	Величина температуры для Казани, °С.	Наименование разделов проектов теплозащиты зданий
• Абсолютный максимум,	+38	-
• Температура воздуха обеспеченностью 0,99,	+27,2	Расчет отопления, вентиляции и кондиционирования. Расчетная температура, параметр Б, теплый период
• Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца,	+24,7	Расчет отопления, вентиляции и кондиционирования. Расчетная, параметр А, теплый период.
• Температура воздуха обеспеченностью 0,95,	+23,5	-
• Средняя температура наиболее жаркого месяца (июль),	+19,1	Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций
• Среднегодовая температура,	+3,1	-
• Средние температуры периодов со средней суточной температурой наружного воздуха ниже 10°С 8°С 0°С	-4,3°С -5,2°С -8,7°С	Расчет требуемого сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций через градусо-сутки отопительного периода. Расчетные температуры отопительного периода.
• Средняя температура наиболее холодного месяца (январь),	-13,5	Используется для климатического районирования для строительства.
• Температура воздуха обеспеченностью 0,94,	-18	Расчет отопления, вентиляции и кондиционирования. Расчетная температура параметр А, холодный период.
• Температура воздуха наиболее холодной пятидневки: - обеспеченностью 0,92, - обеспеченностью 0,98	-32 -36	Расчет отопления, вентиляции и кондиционирования. Расчетная температура, параметр Б, холодный период. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций).
• Температура наиболее холодных суток: - обеспеченностью 0,92, - обеспеченностью 0,98	-36 -41	Расчетные температуры наружного воздуха для холодного периода года
• Абсолютный минимум.	-47	-

Таблица 2.5

Среднемесячные температуры наружного воздуха и их амплитуды для Казани

	Месяцы года											
	Я	Ф	М	А	М	И	И	А	С	О	Н	Д
Среднемесячные температуры, °С	-13,5	-13,1	-6,5	3,7	12,4	17,0	19,1	17,5	11,2	3,4	-3,8	-10,4
Средние суточные амплитуды, °С	6,5	7,6	8	8,1	10,7	11,9	11,1	10,8	9,2	6,1	5,2	6,2
Отклонение от средних температур, %	48	58	123	219	86	70	58	62	82	179	137	60
Максимальные суточные амплитуды, °С	20,4	19,7	19,5	18,7	20,7	21,9	19,1	19,8	21,3	17,3	22,3	26,7
Отклонение от средних температур, %	151	150	300	505	167	129	100	113	190	508	587	257

Годовой цикл изменчивости температур для какого-либо географического пункта можно представить графиком, аналогичным изображенному на рис. 1.9, где находят отражение наиболее характерные температуры: среднегодовая; среднемесячные с выделением среднемесячных температур наиболее холодного (январь) и наиболее жаркого месяца (июль); годовые экстремумы.

По разности температур самого теплого и самого холодного месяцев судят о континентальности климата местности. Чем больше эта разность, тем более континентальный климат. Степень континентальности климата возрастает по мере удаления географического места от морей и океанов вглубь континента.

Среднегодовое значение температуры воздуха указывает на степень «холодности» климата местности. Анализ среднегодовых температур различных городов показывает, что эти температуры понижаются по линии с юго-запада на северо-восток от Ростова на Дону (+8,9°C), через Саратов (+5,3°C), Казань (+3,1°C), Ижевск (+1,6°C), Пермь (0,0°C), Томск (-0,5°C) и Сургут (-3,1°C). Оказалось, что глубина промерзания грунтов практически линейно зависит от среднегодовой температуры воздуха, рис. 2.4.

Данные о глубине промерзания грунтов являются основой для назначения глубины заложения фундаментов зданий (подошва фундамента должна быть ниже глубины промерзания грунтов). Эти данные используются при разработке мероприятий по инженерной подготовке территории и обеспечению устойчивости сооружений на них, в том числе земляного полотна под дорожной одеждой.

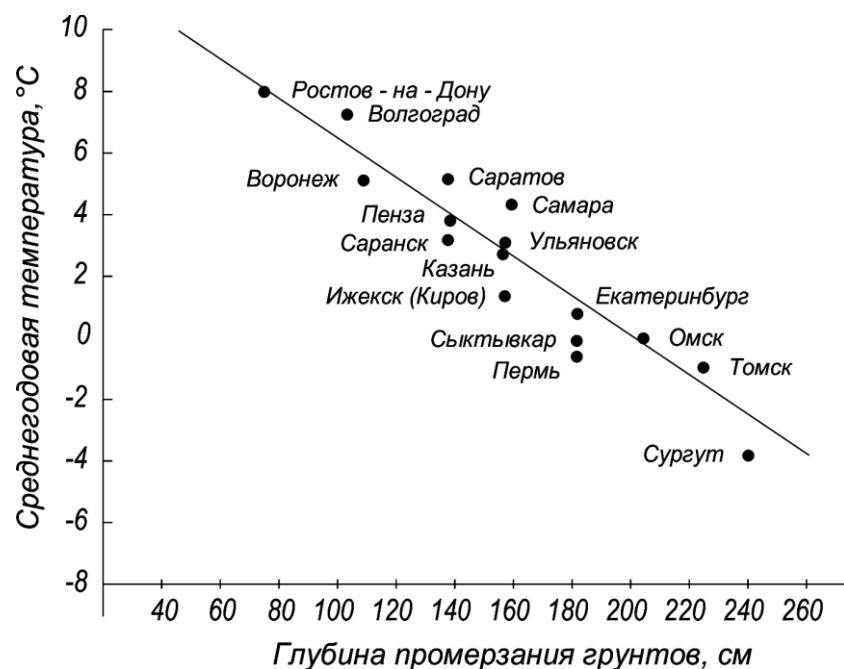


Рис.2.4. Зависимость глубины промерзания грунтов от среднегодовой температуры воздуха (по некоторым городам России)

Для целей градостроительного проектирования удобнее пользоваться не графиком (рис. 2.4), а Картой-схемой глубины промерзания грунтов территории России (рис. 2.5).

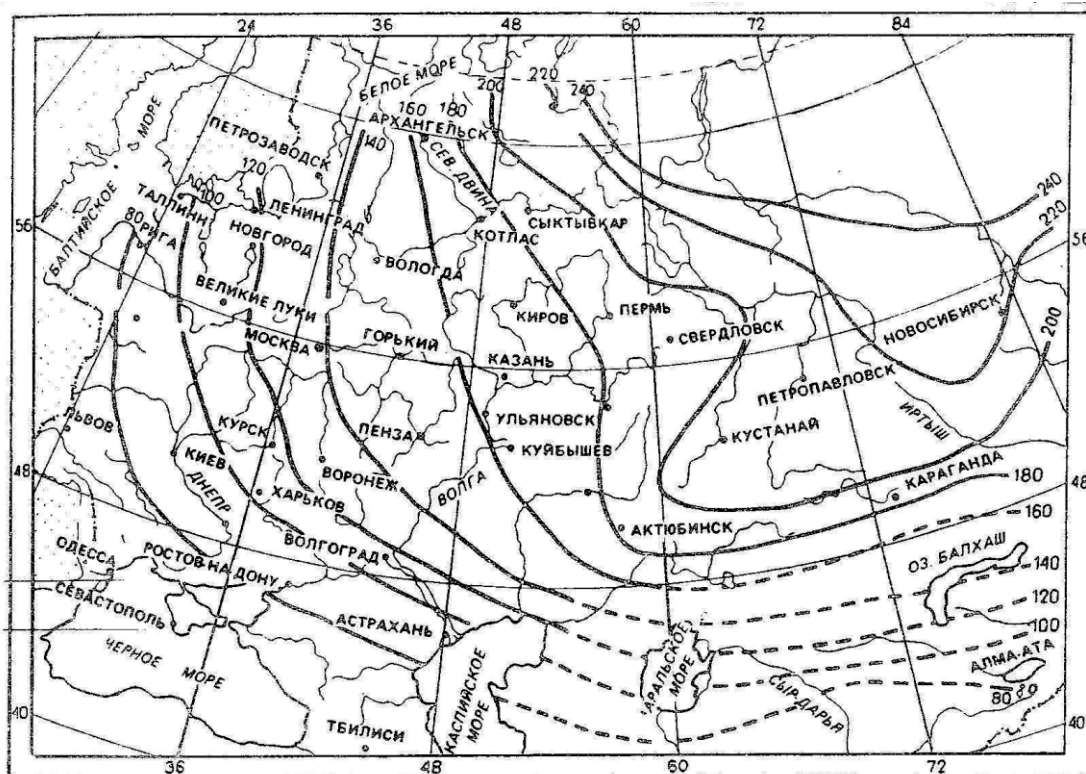


Рис.2.5. Карта-схема глубины промерзания грунтов (СНиП II – А.6-72)

Температура наружного воздуха является одним из основных климатических факторов, определяющих требования к тепловой защите зданий. Главной трудностью при проектировании тепловой защиты зданий является выбор обоснованных значений расчетных температур. В табл. 2.4 представлены четыре значения расчетных температур (для Казани – от минус 32°C до минус 41°C). Выбор для теплотехнического расчета минимальной температуры (-41°C) может привести к необоснованному перерасходу теплоизоляционных материалов и увеличению разовых затрат по строительству здания, выбор максимальной температуры (-32°C) может привести к нарушению санитарно -гигиенических и комфортных условий в помещениях и повышению расходов на отопление зданий в эксплуатации.

Для обоснованного выбора расчетных температур наружного воздуха требуется **анализ волн холода различной глубины и продолжительности в самый холодный период года**. Это, как правило, вторая половина января. На рис. 2.6 представлен обобщенный график изменения температуры воздуха для холодного периода года. График составлен на основе анализа 16% наиболее холодных зим из 40 летнего ряда наблюдений [34].

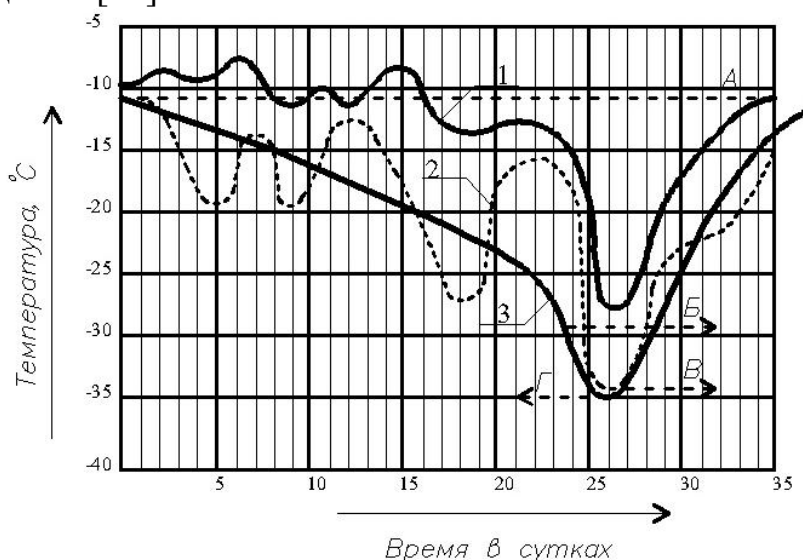


Рис.2.6. Изменение температуры наружного воздуха для Москвы в наиболее холодный период зимы:

1 – средние многолетние температуры за сутки; 2 – средние за сутки температуры в наиболее холодные зимы; 3 – расчетные изменения температуры; А – средняя температура наиболее холодного месяца, $-10,2^{\circ}\text{C}$; Б – то же, наиболее холодной пятидневки, -28°C ; В – температура наиболее холодных суток, -34°C ; Г – средняя минимальная температура

На рис. 2.6 выделены две расчетные температуры: средняя температура за пятидневный период минус 28°C , стрелка Б; средняя температура за сутки минус 34°C , стрелка В. Основным достижением этих работ Фокина К.Ф. [34,35] является совместное рассмотрение температур воздуха и свойств ограждающих конструкций. Определяющим свойством ограждений в рассматриваемом случае является их массивность.

Массивной конструкции требуется больший интервал времени для охлаждения, чем легкой. Поэтому для массивных конструкций предложено в качестве расчетной температуры принять среднюю температуру наиболее холодной пятидневки, для легких – наиболее холодных суток.

Массивность ограждающей конструкции определяется величиной тепловой инерции (D), которая зависит как от величины сопротивления теплопередаче ограждения (R), так и от коэффициента теплоусвоения материала ограждения: $D = R \cdot S$ (2.6).

В итоге выбор расчетных температур для холодного периода года (из четырех значений по табл.2.4) определяется величиной тепловой инерции ограждающей конструкции, табл. 2.6.

Таблица 2.6

Расчетные температуры наружного воздуха для холодного периода года

Величина тепловой инерции ограждающей конструкции $D=R \cdot S$	Расчетная температура	Пример для г.Казани, °C
до 1,5	Средняя температура наиболее холодных суток, обеспеченностью 0,98	-41
от 1,5 до 4,0	Средняя температура наиболее холодных суток, обеспеченностью 0,92	-36
от 4,0 до 7,0	Средняя температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,98	-36
свыше 7,0	Средняя температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	-32

Для производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, за расчетную температуру наружного воздуха принимают минимальную температуру наиболее холодного месяца, которую определяют как среднюю месячную температуру января, уменьшенную на среднюю суточную амплитуду наиболее холодного месяца. Для условий Казани это составит $(-13,5 - 6,8) = -6,7^{\circ}\text{C}$.

При расчете теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года используют два значения температур воздуха:

- средняя месячная температура воздуха за июль;
- максимальная амплитуда суточных колебаний температуры воздуха в июле.

Таким образом, первичным в выборе значений расчетной температуры наружного воздуха для архитектурно-строительных целей

является основанная на наиболее полном моделировании физических процессов в ограждающих конструкциях постановка задачи.

2.3 Влажность воздуха

Атмосферный воздух состоит из смеси газов и водяных паров («атмос» – греч. – пар). Если содержание основных газов азота и кислорода составляет десятки процентов (азот – 78%, кислород – 21%), то содержание водяных паров составляет доли и единицы процентов (от 0,2 % в полярных широтах до 2,6% у экватора). Однако, малое содержание водяных паров в атмосфере во многом определяют погоду, климат и влажностный режим. В соответствии с распределением влаги в воздухе, на земле сложились устойчивые зоны влажных, умеренных и засушливых районов.



Рис. 2.7. Карта зон влажности (СНиП 23-02-2003)

Территория России, в соответствии с «Картой зон влажности» по СНиП 23-02-2003, разделена на три зоны: влажную, нормальную и сухую (рис. 2.7). Следует отметить, что вблизи морей и океанов влажность воздуха повышенная, при продвижении вглубь континента влажность воздуха убывает.

Влажность воздуха выражается в абсолютных и относительных единицах.

Абсолютная влажность воздуха определяется количеством граммов влаги, содержащейся в 1 м³ воздуха (г/м³) или парциальным

давлением водяных паров в паскалях (Па) (т.е. давлением водяного пара, находящегося в смеси с другими газами). Парциальное давление водяного пара часто называют упругостью водяного пара.

Относительная влажность воздуха (φ) представляет собой отношение действительного влагосодержания в г/м^3 или действительной упругости водяного пара в Па (e) к максимальному влагосодержанию в г/м^3 или максимальной упругости водяного пара в Па (E) при данной температуре, выраженной в процентах:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100, \% \quad (2.7)$$

Из определения относительной влажности воздуха следует, что значения (e) и (E) относятся к конкретной температуре воздуха. При увеличении температуры воздуха (при неизменном барометрическом давлении) возрастает способность воздуха к аккумулярованию влаги, и увеличивается максимальное содержание влаги в воздухе (г/м^3) и максимальная упругость водяного пара (или предел насыщения) E (Па). На рис. 2.8 представлена зависимость максимального влагосодержания (г/м^3) и максимальной упругости водяного пара (Па) от температуры.

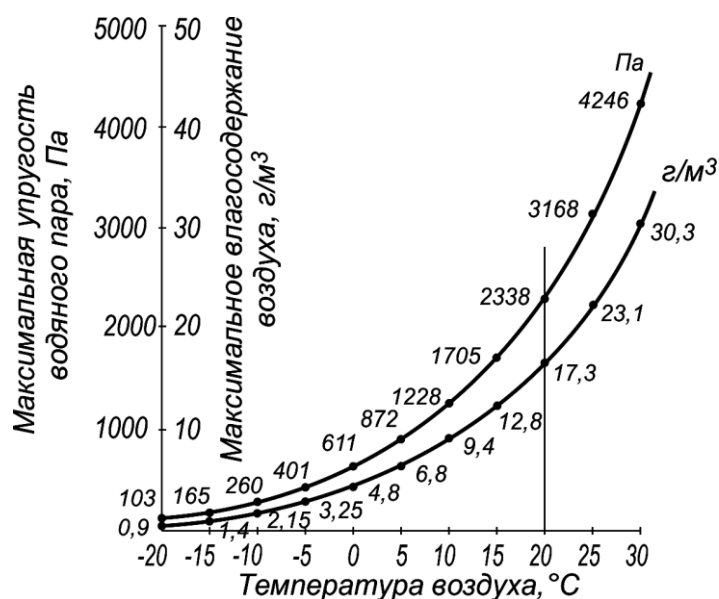


Рис. 2.8. Зависимость максимального влагосодержания (г/м^3) и максимальной упругости водяного пара (Па) от температуры воздуха

Можно видеть, что в интервале температур воздуха от -20°C до $+30^\circ\text{C}$ максимальное влагосодержание и максимальная упругость водяного пара возрастают в десятки раз. Так, например, при температуре -20°C максимальное влагосодержание равно $0,9 \text{ г/м}^3$, а при температуре воздуха

20°C максимальное количество воды, которое сможет аккумулировать 1 м³ воздуха, составит 17,3 г, то есть в 19 раз больше.

При высокой влажности воздуха затрудняется отдача влаги с поверхности кожи человека и нарушается тепловой баланс. При низкой – происходит интенсивное испарение влаги с кожи человека, возникают неприятные ощущения сухости во рту и горле. Влажность воздуха по-разному влияет на теплоощущения человека при различных температурах. Известно, что в сухом воздухе легче переносятся низкие температуры, чем во влажном (сибирские морозы при –40°C легче переносятся, чем морозы средней полосы при –25°C).

В конкретном географическом пункте **относительная влажность воздуха** изменяется в течение года по определенному закону, достигая максимальных значений в зимние месяцы, снижаясь до минимальных значений летом. При этом следует отметить, что относительная влажность воздуха имеет высокую амплитуду суточных колебаний. Так, для Казани средняя амплитуда суточных колебаний относительной влажности воздуха наиболее жаркого месяца (июля) составляет 29% [50]. **Абсолютная влажность воздуха** в течение года также изменяется, однако, закономерности изменения абсолютной влажности противоположны изменению относительной влажности. На рис. 2.9 приведены среднемесячные значения относительной и абсолютной влажности воздуха в Казани.

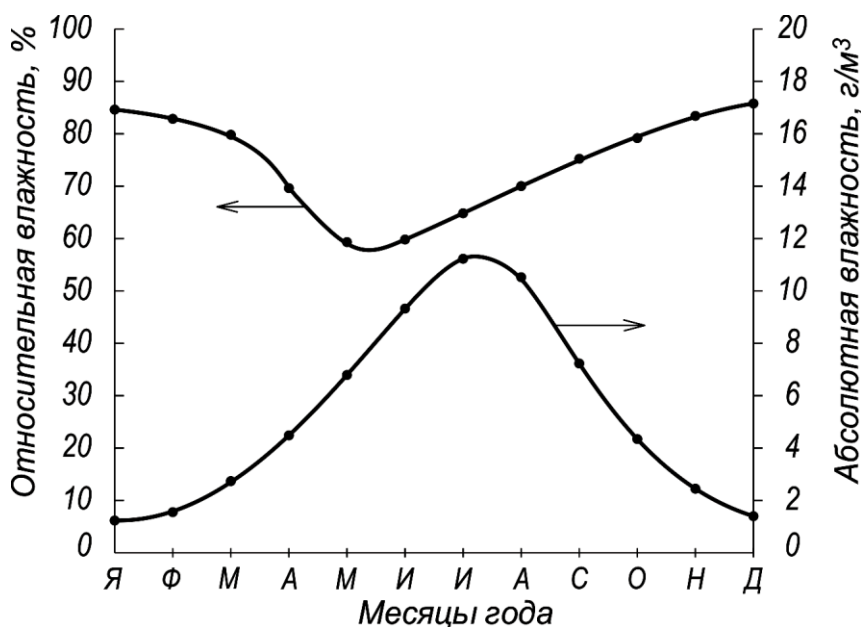


Рис.2.9. Относительная (%) и абсолютная (г/м³) влажности наружного воздуха в Казани

Из рис. 2.9 видно, что в зимние месяцы относительная влажность воздуха может достигать 85%, в то время как абсолютное количество влаги в воздухе небольшое – 1,5–2,0 г/м³. То есть, **в зимние месяцы наружный воздух – сухой**. Этим можно объяснить тот факт, что в зимние месяцы в

квартирах при правильном воздухообмене относительная влажность воздуха находится в пределах 25 – 35 %.

Пример. При $t_H = -20^0\text{C}$ в воздухе содержится $0,9 \text{ г/м}^3$ влаги. В помещении при $t_B = 20^0\text{C}$ и $\varphi = 50 \%$ в воздухе содержится $8,65 \text{ г/м}^3$ влаги.

При поступлении 1 м^3 наружного воздуха с влажностью $0,9 \text{ г/м}^3$ он смешивается с внутренним воздухом с влажностью $8,65 \text{ г/м}^3$. Получается 2 м^3 воздуха с влажностью $0,9 + 8,65 = 9,55 \text{ г/м}^3$, что в пересчете на 1 м^3 дает:

$$9,55 : 2 = 4,77 \text{ г/м}^3.$$

Максимальное значение абсолютной влажности при 20^0C составляет $17,3 \text{ г/м}^3$. Таким образом, относительная влажность «смеси» внутреннего и наружного воздуха составит:

$$\varphi = (4,77 : 17,3) \cdot 100 = 27,5\%.$$

Если воздухообмен в жилье не соответствует санитарно-гигиеническим нормам по объему приточного воздуха, то относительная влажность воздуха в квартирах будет нарастать за счет влаги, поступающей в воздух квартиры от бытовых процессов (приготовление пищи, стирка и т.п.).

При колебаниях относительной влажности воздуха и его температуры возникают ситуации полного насыщения воздуха водяным паром и $\varphi = 100\%$ когда $E = e$. Температуру, при которой наступает состояние полного влагонасыщения, называют **температурой точки росы**. В природной среде это явление известно утренними росами, туманом.

Рассмотрим пример, представленный на рис. 2.10 [3]. Допустим, что в воздухе содержится $12,8 \text{ г/м}^3$ влаги, т.е. абсолютная влажность составит $12,8 \text{ г/м}^3$. При температуре $+25^0\text{C}$ при данном количестве влаги в воздухе, полного насыщения не происходит. Относительная влажность воздуха составит: $\varphi = (12,8 : 23,1) \cdot 100 = 55,4\%$. При температуре $+15^0\text{C}$ абсолютная влажность воздуха равна максимальной при данной температуре $12,8 = 12,8 \text{ г/м}^3$ и влажность будет равна 100%.

При температуре $+5^0\text{C}$ максимальное значение абсолютной влажности составляет $6,8 \text{ г/м}^3$, а в воздухе было $12,8 \text{ г/м}^3$, следовательно, часть влаги $12,8 - 6,8 = 6 \text{ г/м}^3$ выпадет из воздуха в виде конденсата.

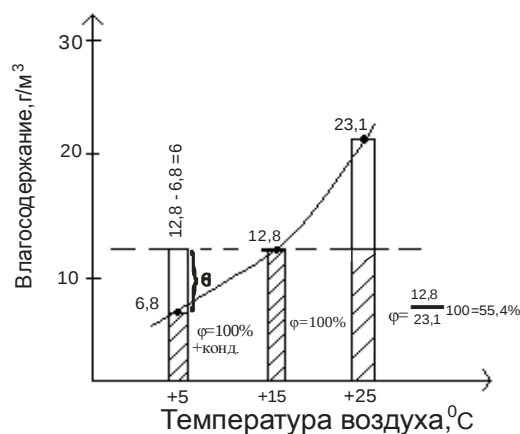


Рис.2.10. Зависимость относительной влажности воздуха и конденсации водяных паров от температуры

Подобные ситуации, когда воздух одного влагосодержания соприкасается с поверхностями, имеющими различную температуру, встречается достаточно часто в процессе эксплуатации зданий. Это происходит потому, что внутренние поверхности ограждающих конструкций имеют неравномерные температурные поля из-за наличия в ограждениях теплопроводных включений и различных «мостиков холода».

Таблица 2.7

Зависимость температуры точки росы в помещении от температуры и относительной влажности воздуха

Температура внутреннего воздуха, °C	Относительная влажность воздуха в помещении, %					
	40	50	60	70	80	90
-5	-15,3	-12,9	-10,8	-9,1	-7,6	-6,2
0	-10,6	-8,1	-6,6	-4,3	-2,7	-1,3
5	-6,7	-4,0	-1,9	-0,01	1,8	3,5
10	-2,6	0,1	2,6	4,8	6,7	8,4
15	1,5	4,7	7,3	9,6	11,6	13,4
18	4,2	7,4	10,1	12,5	14,5	16,3
20	6,0	9,3	12,0	14,4	16,4	18,3
22	7,8	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3
25	10,5	13,9	16,7	19,2	21,3	23,2
30	14,9	18,4	21,4	23,9	26,2	28,2
35	19,4	23,0	26,1	28,7	31,0	33,1

В плоскости стены (по глади) температура внутренних поверхностей будет самой высокой, в углах, стыках панелей, оконных откосах и т.п. эта температура оказывается значительно ниже и может достигать «точки росы». Зависимость температуры точки росы от температуры внутреннего воздуха и его относительной влажности представлена в табл. 2.7.

Жирным курсивом в табл. 2.7 выделены значения температуры точки росы для оптимальных температурно-влажностных условий в помещениях жилых и гражданских зданий. Можно видеть, что с ростом относительной влажности воздуха в помещении растет и температура точки росы, превышая для оптимальных условий 10⁰С.

2.4 Атмосферные осадки и снежный покров

К этой группе метеорологических явлений относятся дождь, снег, смешанные осадки, морось, снежная крупа, обильная роса и туман, гололедные явления.

Каждый из перечисленных видов осадков требует специального учета в строительстве. Однако, подавляющее количество осадков выпадает в виде дождя и снега, в связи с чем более подробно рассмотрим эти виды осадков.

Под действием солнечной радиации с поверхностей океанов испаряется в год 406850 км³ воды, то есть слой воды толщиной 113 см. С материков испаряется за год 66450 км³ воды, то есть слой воды толщиной 44,6 см. Образовавшийся водяной пар перемещается по земному шару за счет циркуляционных процессов в атмосфере, и при встрече с холодными потоками воздуха конденсируется и выпадает на поверхность океанов или суши в виде дождя или снега. На поверхность материков выпадает за год 104300 км³ осадков, что составляет слой толщиной 70 см, над океаном выпадает 368940 км³ осадков в год, что составляет слой толщиной 100 см. Осадки, выпавшие на поверхность земли, частично испаряются, частично просачиваются в грунт, а остальная часть осадков стекает по склонам в низкие места и далее – через ручьи, речки, большие реки – снова в моря и океаны.

Если среднее годовое количество осадков превышает среднее годовое количество испарений на какой-либо территории, то водный баланс этой территории будет положительным. На территории России водный баланс положительный, что подтверждается развитой сетью больших и малых рек и их притоков.

Первое представление об осадках в каком-либо географическом пункте можно получить на основе анализа СНиП всех лет издания (1972 г. [50], 1982 г. [51] и 1999 г. [52]):

– количество осадков в мм за год (в том числе жидких и смешанных),

- количество осадков за теплый период года (апрель – октябрь), мм,
- количество осадков за холодный период года (ноябрь-март) мм,
- суточный максимум жидких осадков (дождей), мм,
- средние значения из наибольших высот снежного покрова за зимний период, см.

Таблица 2.8

Характеристика атмосферных осадков и снежного покрова по некоторым городам

Город	Количество осадков, мм				Снежный покров		
	За год жидких и смешан- ных по СНиП 2.01.01- 82	За теплый период (апр.- окт.) по СНиП 23- 01-99*	За холодн ый период (ноябр ь-март) по СНиП 23-01- 99*	Суточный максимум по СНиП 23-01-99*	Даты образован ия и разрушени я снежного покрова по СНиП II- А6-72	Среднее из наибольших высот снежного покрова, см по СНиП II- А6-72	Объемы сногепереноса за зимний период, м ³ /м, по Карте СНиП 2.01.01-82
Архангельск	675/459	402	188	55	8.11-23.04	66	400
Благовещенск	575/529	528	47	122	10.11-	21	200
Владивосток	813/732	641	129	210	23.03	14	200
Владимир	691/-	413	194	109	18.12-	44	200
Волгоград	403/-	212	174	82	19.02	—	200
					24.11-6.04		
Екатеринбург	565/497	383	114	94	6.11-8.04	41	400
Казань	587/481	373	135	775	18.11-	32	300
Калуга	738/598	441	213	89	11.04	—	150
Калининград	856/-	508	280	110	29.11-6.04	—	120
Красноярск	485/393	369	85	97	28.12-	42	1000
					11.03		
Курск	764/642	375	212	144	7.12-30.03	42	150
Москва	704/528	443	201	61	26.11-6.04	48	150
Нижний							
Новгород	675/540	410	172	72	19.11-	59	200
Новосибирск	514/370	338	104	95	12.04	37	800
Омск	430/366	296	79	75	1.11-10.04	24	400
					8.11-8.04		
Самара	574/453	307	176	72	23.11-5.04	36	300
Хабаровск	672/591	556	116	99	15.11-	—	200
Якутск	247/175	186	48	78	28.03	37	100
					12.12-		
					29.03		

В качестве примера приводим характеристику атмосферных осадков и снежного покрова по некоторым городам России, составленную по данным нормативных документов, [50-52] табл. 2.8.

2.4.1 Дожди и их учет в проектировании и строительстве

Анализ табл. 2.8 показывает, что в центральной зоне Европейской части России среднегодовое количество осадков постепенно убывает по линии с запада на восток от 856 мм в год (Калининград) до 547 мм в год (Самара). У западных склонов Уральских гор количество атмосферных

осадков снова возрастает до 600-700 мм в год. На Дальнем Востоке уменьшение количества осадков идет от побережья Тихого океана вглубь континента до восточных склонов Уральских гор. В горных районах Алтая и Кавказа эта тенденция нарушается, так как горные массивы являются преградой для туч, несущих большие запасы воды, и выпадают обильные осадки.

Время от времени случаются экстремальные отклонения от средних значений и выпадают обильные осадки, что вызывает серьезные осложнения в жизнедеятельности городов:

- переполнение системы ливневых стоков и подтопление отдельных городских территорий;
- экстремальный подъем уровня воды в реках и каналах, сопровождающийся подтоплением территорий или разрушением мостов;
- переполнение системы водоотвода с кровель зданий, что приводит к замачиванию фасадов, протечек кровель и даже их разрушению;
- обильные снегозаносы транспортных магистралей парализующие жизнь города.

Перечисленные осложнения, вызываемые экстремальными осадками непродолжительны по времени, но вызывают значительные неудобства с непредсказуемыми последствиями и большой экономической ущерб.

Известно множество случаев, когда невнимание к осадкам приводило к регулярному замачиванию, а, следовательно, к преждевременному износу несущих и ограждающих конструкций. Здесь имели место как ошибки проектирования водоотвода с кровли, так и некачественное производство работ. Известен случай обрушения кровли одноэтажного гаража с внутренним водоотводом после нескольких часов интенсивного дождя. Сечение водоотводных труб не было рассчитано на интенсивный дождь, в результате чего за парапетом кровли скопились многие тонны воды. Этот перегруз и вызвал обрушение конструкций.

На отечественном строительном рынке появилось множество зарубежных технологий. Далеко не все из них могут быть использованы в наших климатических условиях. Архитекторы и проектировщики зданий часто забывают об этом.

Так, в средней полосе часто используют конструкцию металлической кровли с подвесными водосборными лотками. В весенний или осенний период при оттепелях и заморозках указанные лотки заполняются льдом и не выполняют функцию сбора воды с кровли и отвода ее до приемных воронок. В силу этого на лотках образуются мощные сосульки, масса которых приводит к обрыву водосборных лотков. (В традиционных «русских» кровлях водосборные лотки являются частью металлической кровли и прочно закреплены на карнизе). Эти примеры можно продолжить.

Количество атмосферных осадков измеряют толщиной слоя в мм (для дождей) или в см (для снега), который выпал за определенный временной интервал – за сутки, сезон или год. (1 мм осадков соответствует 1 литру воды, распределенных на 1 м² горизонтальной площадки). Интенсивность осадков, то есть количество осадков в единицу времени измеряют в мм/мин или мм/с.

В технических расчетах используют объемные единицы измерения осадков – литры (л). В этом случае интенсивность осадков будет измеряться в л/с на 1 га (литр в секунду на один гектар). Для перевода одних единиц в другие используют формулу:

$$q = k \cdot i, \text{ л/с на 1 га,} \quad (2.8)$$

где: i – интенсивность осадков, мм/мин,

k – коэффициент, равный 166,7, л/с на га, при дожде интенсивностью 1 мм/мин. ($k=0,001 \cdot 10000 \cdot 1000/60=166,7$ л/с на га.

Здесь 0,001 – высота слоя осадков, м;

10000 – площадь 1 га, выраженная в м²;

1000 – объем 1 м³, выраженный в литрах;

60 – число секунд в 1 мин).

Учет атмосферных осадков условно подразделяется на два направления: градостроительные задачи и задачи архитектурно-строительного проектирования зданий.

В градостроительном проектировании весьма важными задачами являются учет интенсивных осадков при проектировании дождевого стока с городских территорий и учет снеготаносов городских территорий при метелях.

В архитектурно-строительном проектировании зданий на первый план выходят задачи проектирования водоотвода с кровли с учетом интенсивности осадков, увлажнение стен зданий косыми дождями (дожди с ветром) и учет снеговых нагрузок на здания.

Проектирование дождевого стока с городских территорий определяется интенсивностью дождя, повторяющегося один раз в год, в 2,3,5 и т.д. лет. Этот период повторения расчетной интенсивности дождя через определенное количество лет называют периодом однократного превышения расчетной интенсивности дождя – P . Выбор величины P для конкретных условий является одним из основных факторов проектирования систем дождевого водоотведения с городских территорий. Если принять в расчет самый интенсивный дождь за весь период наблюдений (за 25 или 50 лет), то в дождевой канализации будут заложены трубы больших диаметров, но работать они будут очень редко (один раз в 25 или 50 лет), что нельзя признать рациональным.

Для экономического обоснования величины P требуется четкое представление о последствиях, которые возникнут с переполнением сети водоотведения и связанным с этим ущербом. Поэтому для населенных мест и производственных объектов, где частое переполнение сети не вызывает серьезных последствий, период однократного переполнения P назначается от 0,3 до 1,0 года. Для населенных мест с крутым рельефом территории и производственных объектов, где имеются подвальные помещения с ценным оборудованием, затопление которых может принести большие убытки, период однократного переполнения следует назначать большим, в 5-10 или более лет.

Для городских территорий, где площадь водонепроницаемых поверхностей превышает 30 % участка стока, расчетный расход дождевых вод для водосточных сетей q_c определяется по методу предельных интенсивностей по формуле [73]:

$$q_c = \varphi_c \cdot A \cdot F / t_4^n, \text{ л/с}, \quad (2.9)$$

где: φ_c – средневзвешенное значение коэффициента стока, определяется с использованием табл. 2.9;

t_4 – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубопроводам до расчетного участка, мин;

F – расчетная площадь стока, га;

A и n – следует принимать по данным метеостанций конкретного населенного пункта или по справочному пособию [19].

Расчетную продолжительность дождя t_4 следует определять по расчету, согласно методике [72], или принимать в населенных пунктах при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей, равной 5-10 мин, а при наличии указанных сетей – равной 3-5 мин.

Средневзвешенное значение коэффициента стока φ_c представляет собой особым образом усредненную характеристику стока с определенной городской территории, которая имеет участки поверхности с различным стоком φ_i и различной площади F_i .

Коэффициент стока φ_i представляет собой отношение количества дождевой воды, поступившей с данной поверхности в ливнеприемники $Q_{ст}$, к количеству дождевой воды, выпавшей на ту же площадь – $Q_{дож}$.

$$\varphi = Q_{ст} / Q_{дож} \quad (2.10)$$

То есть коэффициент стока показывает, какая часть дождя не впитывается в поверхность, а стекает с нее, табл. 2.9. Из таблицы видно,

что 95% дождевой воды стекает с асфальтобетонного покрытия, с газона – только 10%, а 90% дождевой воды поглощается газоном.

Таблица 2.9

Значения коэффициентов стока ϕ с городских территорий

Характеристика поверхности	Коэффициент ϕ
Кровля зданий и сооружений, асфальтно-бетонные покрытия	0,95
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6
Булыжные мостовые	0,45
Щебеночные покрытия не обработанные вяжущим	0,4
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2
Газоны	0,1

При отсутствии обработанных данных на метеостанциях, допускается параметр A определять по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n (1 + \lg P / \lg m_4)^\gamma, \quad (2.11)$$

где: q_{20} – интенсивность дождя, л/с на 1 га, продолжительностью 20 мин при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной одному году ($P=1$), определяется по карте рис.2.11;
 P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя;
 m_4 – среднее количество дождей за год;
 γ – показатель степени, уточняется по данным метеостанций, по справочному пособию [19] или по нормативным документам [72]

Параметры формулы (2.11) m_4 , γ и n (в зависимости от величины P) приведены в СНиПе 2.04.03-85 по многим районам России. В качестве примера приводим выборку из табл. 4 СНиП 2.04.03-85 по Европейской части России, табл. 2.10.

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя P принимается с учетом изложенных выше обоснований по табл. 2.11 для населенных пунктов, или по табл. 2.12 для территории промышленных предприятий [72].

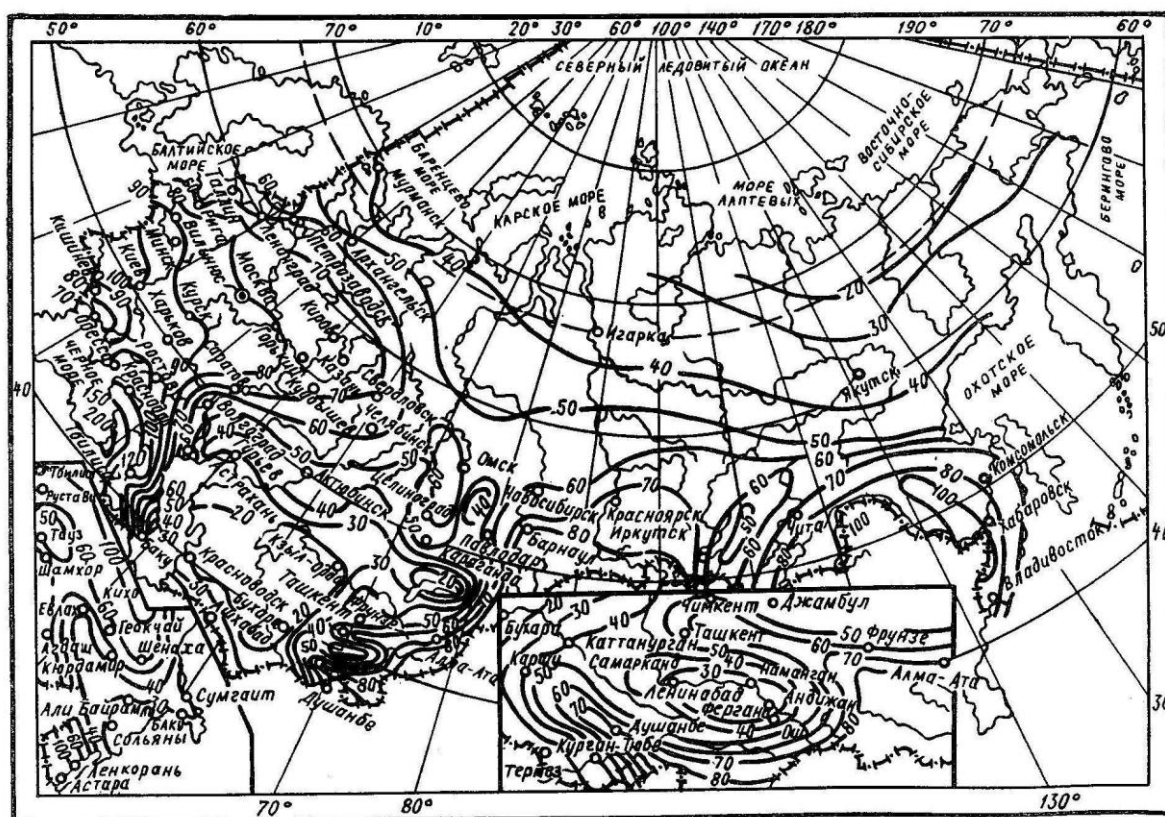


Рис.2.11. Значения величин интенсивности дождя q_{20} (СНиП 2.04.03-85)

Таблица 2.10

К оценке параметров n , m_4 и γ

Районы Европейской части России	Значение n при		m_4	γ
	$P \geq 1$	$P < 1$		
Побережья Белого и Баренцева морей	0,4	0,35	130	1,33
Север европейской части СССР и Западной Сибири	0,62	0,48	120	1,33
Равнинные области запада и центра европейской части СССР	0,71	0,59	150	1,54
Равнинные области Украины	0,71	0,64	110	1,54
Возвышенности европейской части СССР, западный склон Урала	0,71	0,59	150	1,54
Восток Украины, низовье Волги и Дона, Южный Крым	0,67	0,57	60	1,82
Нижнее Поволжье	0,66	0,66	50	2
Наветренные склоны возвышенностей европейской части СССР и Северное Предкавказье	0,7	0,66	70	1,54
Ставропольская возвышенность, северные предгорья Большого Кавказа, северный склон Большого Кавказа	0,63	0,56	100	1,82

Таблица 2.11

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя Р для населенных пунктов

Условия расположения коллекторов		Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя Р, годы, для населенных пунктов при значениях q_{20}			
на проездах местного значения	на магистральных улицах	до 60	св.60 до 80	св.80 до 120	св.120
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33-0,5	0,33-1	0,5-1	1-2
Неблагоприятные Особо неблагоприятные	Средние	0,5-1	1-1,5	1-2	2-3
	Неблагоприятные	2-3	2-3	3-5	5-10
	Особо неблагоприятные	3-5	3-5	5-10	10-20

Таблица 2.12

Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя Р для территории промышленных предприятий

Результат кратковременного переполнения сети	Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя Р, годы, для территории промышленных предприятий при значениях q_{20}		
	до 70	св.70 до 100	св.100
Технологические процессы предприятия:			
не нарушаются	0,33-0,5	0,5-1	2
нарушаются	0,5-1	1-2	3-5
Примечание. Для предприятий, расположенных в замкнутой котловине, период однократного превышения расчетной интенсивности дождя следует определять расчетом или принимать равным не менее чем 5 годам.			

Проектирование водоотвода с кровли основано также на методах предельных интенсивностей через расчетный расход дождевых вод. Через расчетный дождь определяются схема водоотвода, площади водосбора, конструкция и количество водоприемных воронок и сечение водоотводящих труб (стояков).

Расчетный расход дождевых вод с водосборной площади кровли следует определять по формулам [56]:

а) для плоских кровель (с уклоном менее 2,5%)

$$q_k = q_{20} \cdot F / 10000, \text{ л/с} \quad (2.12)$$

б) для скатных кровель (с уклоном более 2,5%)

$$q_k = q_5 \cdot F \cdot k_1 / 10000, \text{ л/с} \quad (2.13)$$

где: q_k – расчетный расход дождевых вод, л/сек;
 F – водосборная площадь m^2 ;
 q_{20}, q_5 – интенсивность дождя в л/сек на 1 га для данной местности продолжительностью 20 мин и 5 мин, при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равному одному году;
 k_1 – коэффициент, учитывающий период однократного переполнения;
10000 – множитель для перевода m^2 в га.

Интенсивности дождя q_{20} определяется по рис. 2.11. Интенсивность дождя q_5 следует определять по формуле:

$$q_5 = 4^n \cdot q_{20}, \quad (2.14)$$

где: n – параметр, определяемый по рис. 2.12.

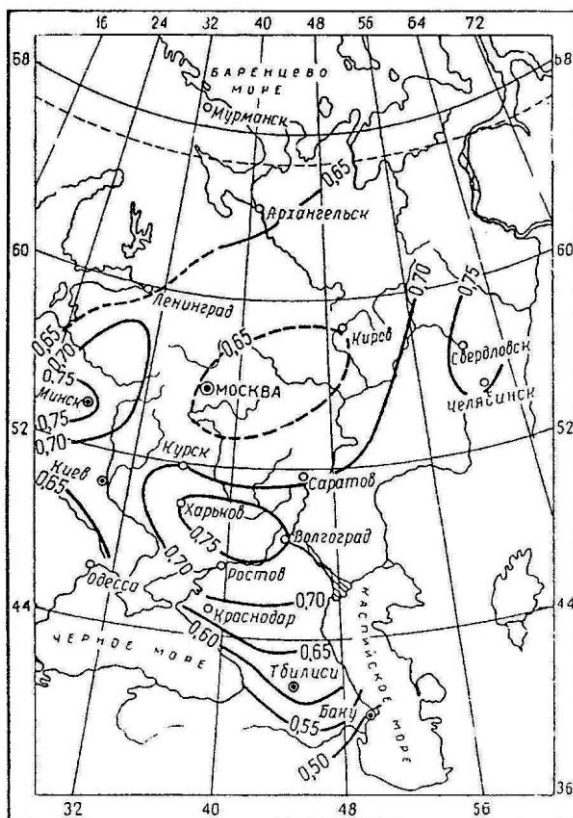


Рис. 2.12. Значения величин параметра n для Европейской территории СССР

Значения величины q_5 , вычисленные по формуле (2.14) приведены в табл. 2.12.

Коэффициенты k_1 следует принимать:

- для районов с q_{20} до 90 л/га сек. $k_1 = 1$
- для районов с q_{20} от 91 до 150 л/га сек $k_1 = 1,5$
- для районов с q_{20} более 150 л/га сек. $k_1 = 2$

Водосборные площади и конструкция водоотвода должны обеспечивать удаление воды с кровли без переполнения системы и без накопления воды.

Увлажнение стен зданий «косыми дождями» должно учитываться при проектировании ограждающих конструкций и выборе материалов для них. Даже при небольшом ветре капли дождя отклоняются от вертикали и попадают на стены.

Таблица 2.13

Значения величин q_5 в л/сек с 1 га

q_{20} в л/сек с 1 га	Величина параметра n						
	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
40	75	80	86	92	98	106	113
50	93	100	107	115	123	133	142
60	112	120	128	138	148	159	170
70	131	140	150	161	172	186	198
80	149	160	171	184	197	212	226
90	168	180	193	207	221	239	255
100	187	200	214	230	246	265	283
110	206	220	235	253	271	292	311
120	224	240	257	276	295	318	340
130	243	260	278	299	320	345	368
140	262	280	300	322	344	371	396

Метеорологические наблюдения за этими процессами не носят систематического характера, однако существуют методики, позволяющие расчетным путем оценить количество осадков, выпадающих на стены зданий различных ориентаций, на основе известных многолетних климатических данных об осадках на горизонтальные поверхности и данных по скоростям и повторяемости ветра по румбам.

Определить количество осадков, выпадающих на стены зданий под действием ветра, можно используя соотношение, связывающее количество осадков, выпадающих на горизонтальную поверхность P_r с количеством осадков, выпадающих на вертикальные поверхности P_v (в мм)[16]:

$$P_v = \frac{P_r \cdot v_B}{v_n}, \quad (2.15)$$

где: v_B – скорость ветра во время дождя (м/с);

v_n – скорость вертикального падения капель дождя (м/с)

Наблюдения по ветру всегда относятся к определенному румбу, поэтому величина P_v имеет ту же ориентацию.

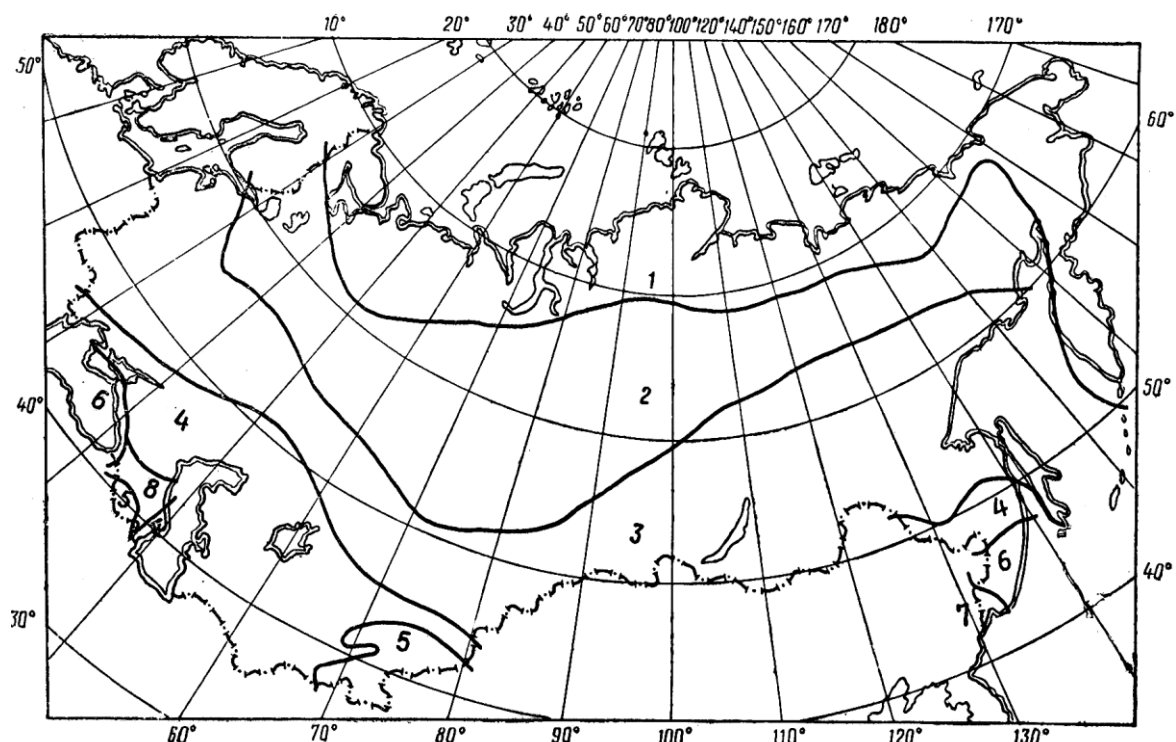


Рис.2.13. Карта зон, выделенных по характеру связи между среднемесячной скоростью ветра при дожде и среднемесячной скорости ветра при всех погодных условиях

В работах Кругловой А.И. [16] получена устойчивая статистическая связь между скоростью ветра при дожде и скоростью ветра при всех погодных условиях. Карта зон и графики такой связи представлены на рис.2.13 и 2.14. Пользуясь этой картой и графиком, можно оценить v_B на основе широко представленных в справочниках по климатологии данных о скорости ветра.

Скорость вертикального падения капель дождя (v_n) зависит от диаметра капель. Оказалось, что интенсивность дождя (мм /мин) связаны с диаметром капель прямой зависимостью: чем больше интенсивность дождя, тем больше диаметр капель. Таким образом, можно воспользоваться эмпирической зависимостью (рис. 2.15) и оценить скорость падения осадков (v_n), используя широко представленные в справочниках по климатологии данные об интенсивности осадков.

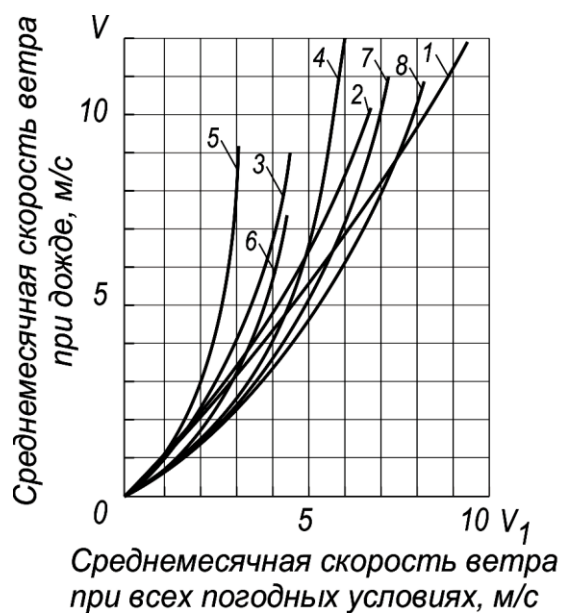


Рис. 2.14. График связи средней скорости ветра при дожде V и средней скорости ветра при всех погодных условиях V_1 . Кривые 1-8 соответствуют зонам на карте рис.2.13

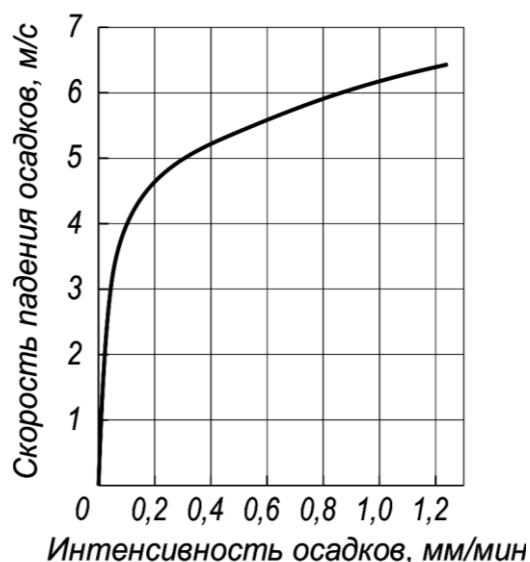


Рис. 2.15. Эмпирическая зависимость вертикальной скорости падения осадков от их интенсивности

Этот метод позволяет с хорошей статистической обеспеченностью получить данные об увлажнении косыми дождями стен зданий различной ориентации. Для общей оценки осадков, выпадающих на вертикальные поверхности, можно также воспользоваться данными рис. 2.16 и 2.17.

Определение количества дождя, выпадающего на стены зданий, это только первая часть оценки влажностного состояния ограждений. Важно установить, какие процессы и как они идут в ограждающих конструкциях при дожде с ветром. Дождевая вода с верхних этажей здания будет стекать по стене к нижним, увеличиваясь по массе и по скорости. Это происходит при действии ветра, и ветровой напор будет оказывать свое воздействие в зоне стыков, щелей, швов и т.д. Например, описаны случаи, когда при сильных ветрах дождевая вода поднималась по фасаду здания вверх, затекая в швы между панелями снизу. Эти вопросы изучены недостаточно и требуют своего решения.

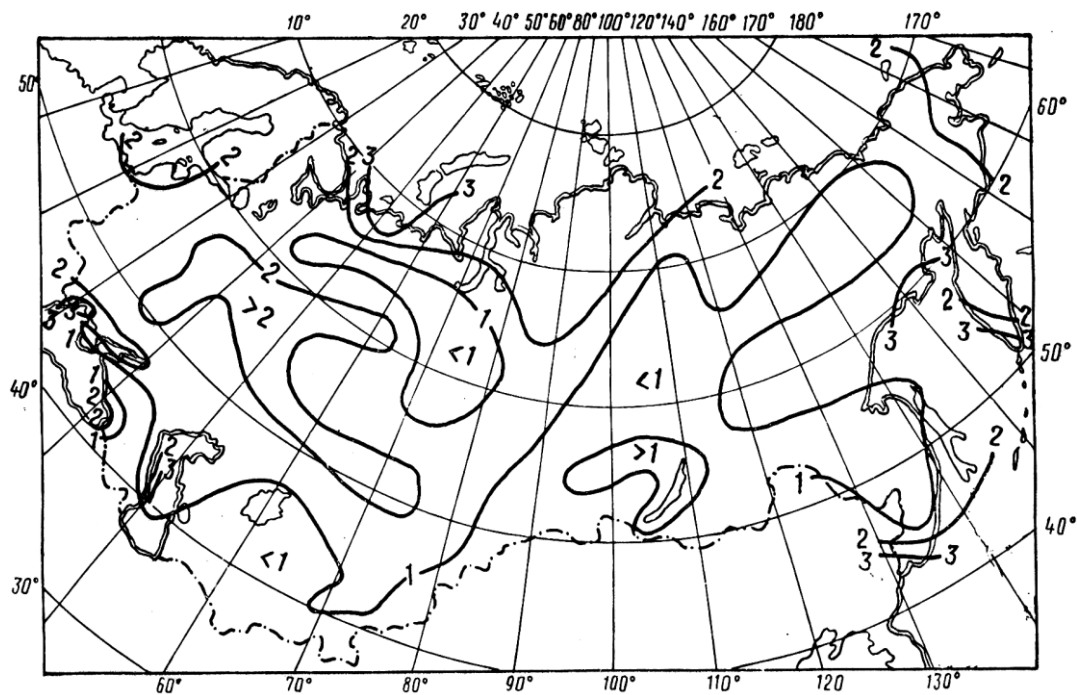


Рис. 2.16. Отношение $\frac{P_B}{P_r}$ по территории СССР

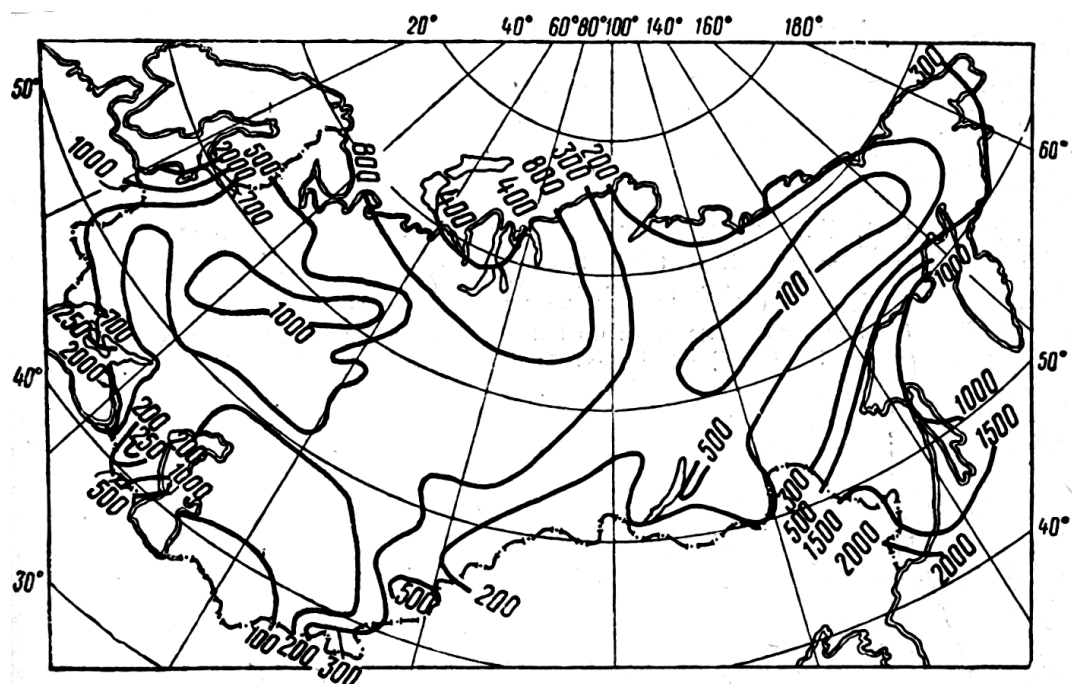


Рис.2.17. Количество осадков, выпадающих на стены зданий наветренной ориентации за теплый период года, в мм

2.4.2 Снежный покров, метели, снеготаносы.

Высота снежного покрова, приведенная по некоторым городам в табл. 1.8, является первичной характеристикой «заснеженности» городских

территорий. Более полное представление о заснеженности территории страны дает карта-схема, рис. 2.18.

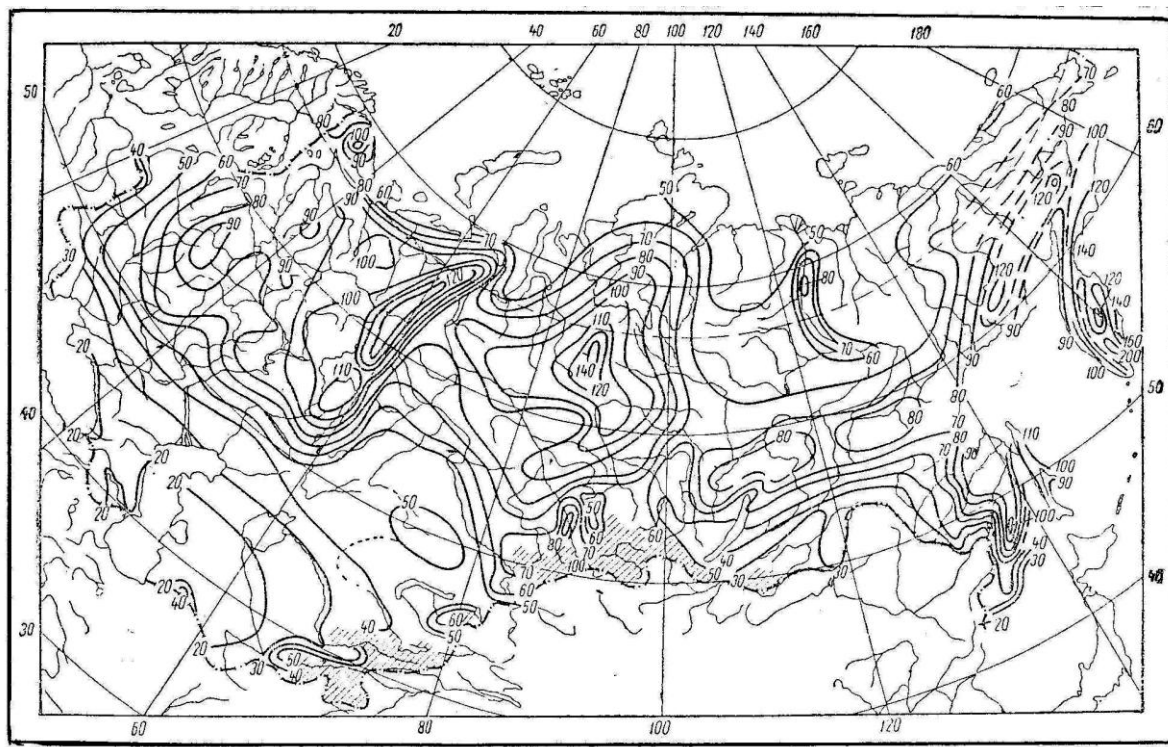


Рис.2.18. Карта-схема районирования территории СССР по высоте снежного покрова в см, (СНиП II – А.6-72)

Из рис. 2.18 можно видеть, что высота снежного покрова на Европейской части России нарастает с юго-запада на северо-восток, то есть в том же направлении, что и среднегодовая температура воздуха.

Учет воздействия снежных осадков в проектировании и строительстве ведется по двум направлениям: как снеговая нагрузка на здания и снеготранспорт на городских территориях.

Снеговая нагрузка на здания, определяется по СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия». Учитывается масса снежного покрова, вводится перевод массы снега к снеговой нагрузке на здание, учитывается снеговой район, приводятся схемы снеговых нагрузок на покрытия зданий, в том числе с учетом скорости ветра за три зимних месяца. Выборка из СНиП по схемам снеговых нагрузок приведена на рис. 2.19. Из этих схем видно, что пластика объема здания влияет на распределение снега на крышах зданий и, следовательно, на снеговую нагрузку. Таким образом, пластика объема здания вносит свои коррективы в неравномерность снеговой нагрузки, что требует учета при проектировании.

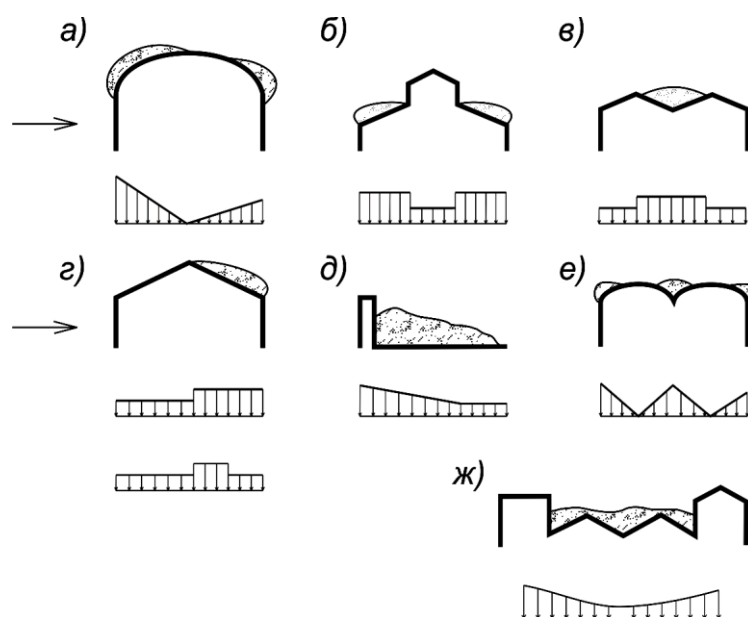


Рис.2.19. Характер снеговой нагрузки на здания с различным сечением покрытий а)...ж), ветер по стрелке (СниП 2.01.07-85*)

Метели и снеготаносы пешеходных путей и транспортных магистралей в городских и сельских поселениях являются характерной особенностью зимнего периода года. Направление снеготранспорта совпадает с направлением господствующих ветров за зимние месяцы, а объемы снеготранспорта ($\text{м}^3/\text{м}$) и объемы отложения снега (сугробы) зависят от аэродинамических характеристик местности, микрорайона, отдельных зданий. Метели начинаются, как правило, при скорости ветра 5-6 м/с.

Метеорологические наблюдения учитывают три вида метелей: общую, низовую и поземок [12]. Вклад каждого вида метели в процесс снеготранспорта различен, так как они наблюдаются при различных скоростях ветра и в различных слоях над поверхностью земли. Общая метель сопровождается выпадением снега, низовая наблюдается без снегопада при сильном ветре в слое не менее 2 м над поверхностью земли, поземкой называют перенос снега только у поверхности земли в слое менее 2 м.

Интенсивность переноса снега пропорциональна кинетической энергии ветра и может быть определена по формуле:

$$J = c v^3, \quad (2.16)$$

где: v – скорость ветра во время метели, м/с;
 c – коэффициент пропорциональности.

Интенсивность переноса снега может выражаться в единицах объема – м^3 или массы – кг на метр пути за единицу времени, что заложено в размерности коэффициента пропорциональности c .

Коэффициент пропорциональности c определяется количеством снега, переносимого ветром через площадь поперечного сечения шириной 1 см и высотой 2 м за единицу времени при скорости 1 м/с. Коэффициент c определен экспериментально [12] и для равнинных территорий страны (Восток Европейской части и Западная Сибирь) равен 0,00046. Расчет произведен для плотности свежеснежавшего снега 0,17 г/см³.

Количество снега, переносимого за время метели (q), зависит от интенсивности J и продолжительности (τ) метелей:

$$q = J \cdot \tau = c \cdot v^3 \cdot \tau \quad (2.17)$$

СНиП по климатологии [50-52] содержат информацию, необходимую для расчетов по формуле (2.17). Это скорость ветра (v) и его направление в зимний период для множества географических пунктов страны, а также данные о продолжительности метелей (τ), что представлено на карте-схеме рис. 2.20. Следует иметь в виду, что точность этих расчетов в значительной степени зависит от точности определения скорости ветра при метелях, так как в формулу она входит в кубе.

Объем переносимого снега за зиму более 200 м³/м, является неблагоприятным и требует специальных проектных решений по снижению снегозаносов территорий застройки. На рис. 2.21 приведена карта объемов переносимого за зиму снега по территории страны.

Объемы снегопереноса, методика которого разработана метеорологами – это первая часть проблемы. Вторая часть – определение мест его отложения и образование сугробов – связана с аэродинамикой микрорайонов, групп зданий, отдельных зданий и их частей, малых форм, заборов и т.п.

Отложение переносимого при метелях снега у препятствий связано с частичной потерей скорости ветра за препятствием. Интенсивность отложений снега в зоне препятствия может быть определена по формуле:

$$\Delta J = J_1 - J_2 = c \cdot (v_1^3 - v_2^3), \text{ м}^3/\text{м час}, \quad (2.18)$$

где: J_1 – интенсивность снегопереноса до препятствия;

J_2 – то же, в зоне препятствия;

v_1 – скорость ветра до препятствия;

v_2 – то же, в зоне препятствия.

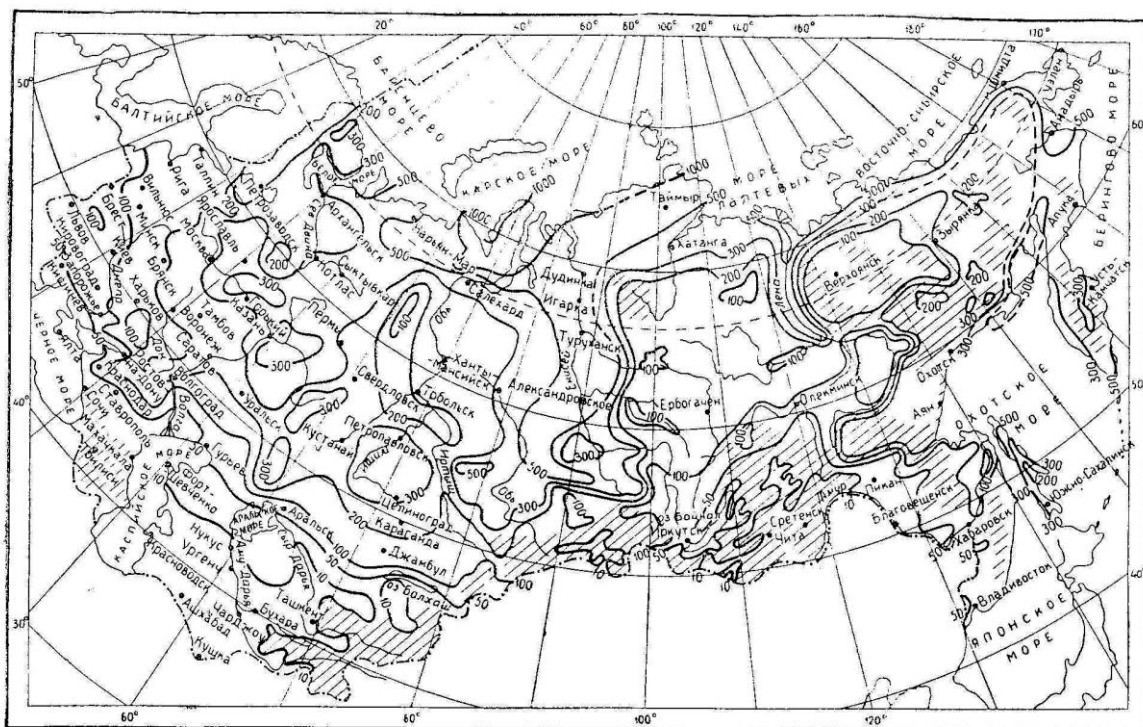


Рис.2.20. Карта-схема средней продолжительности (в часах) метелей за год на территории СССР (СНиП II-A.6-72)

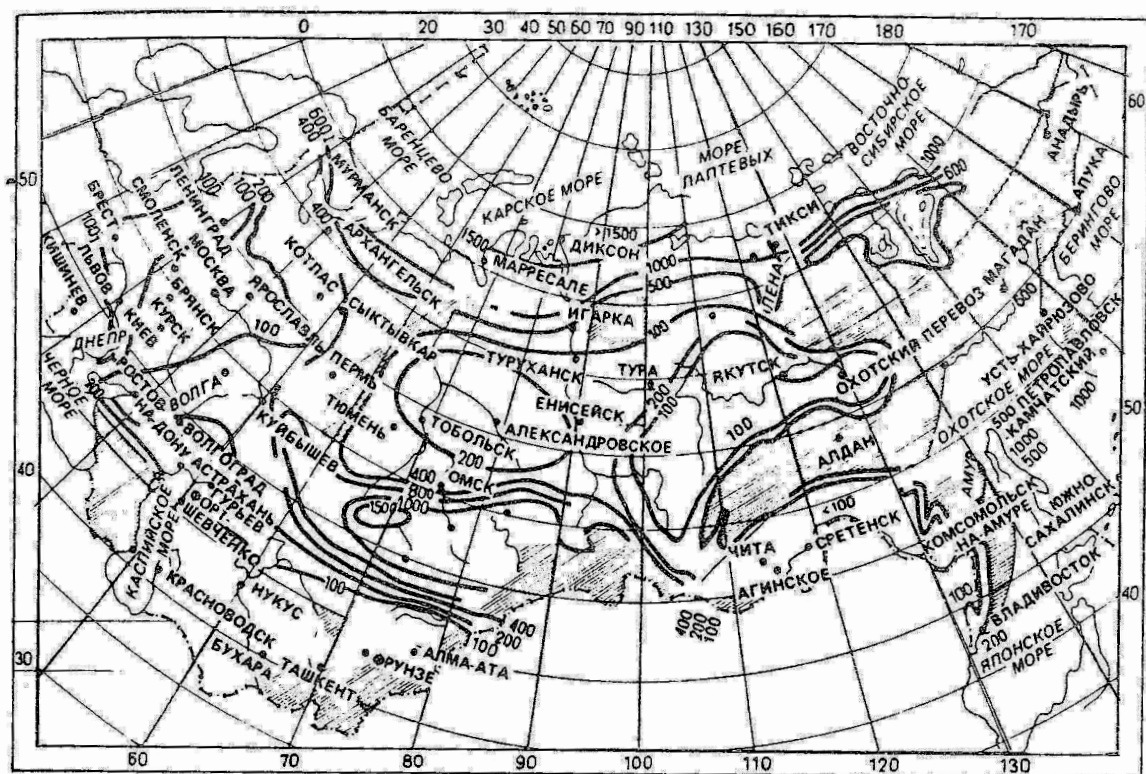


Рис.2.21. Схематическая карта районирования территории СССР по объемам снеготранспорта в $\text{м}^3/\text{м}$ за зиму (СНиП II-A.6-72)

Величина отложений снега в зоне препятствия зависит от продолжительности метели (τ) и, в соответствии с формулой (2.18), может быть определена из выражения:

$$q = c \cdot (v_1^3 - v_2^3) \cdot \tau, \text{ м}^3/\text{м} \quad (2.19)$$

Продолжительность метелей (τ) определяется статистикой ветрового режима в зимнее время, данные о которой имеются в СНиПах и климатических справочниках. Скорость ветра в конкретном месте застройки – величина менее определенная и зависит от окружающей застройки (ориентация, плотность, высота зданий), характера зеленых насаждений, скорости ветра невозмущенного потока и т.п.

При анализе снегоотложений в городе весьма полезными будут так называемые «розы метелей», которые составляют аналогично розам ветров, но в расчет принимаются скорости ветра 5 м/с и более. Пример с «розами метелей» для сибирских городов по Блинову В.А. [5] представлен на рис. 2.22.

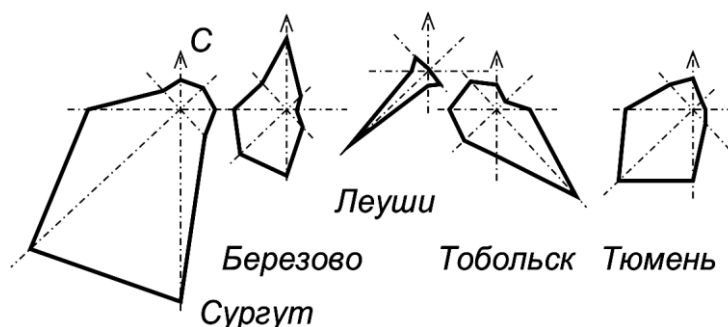


Рис.2.22. «Розы метелей» для сибирских городов

В настоящее время отсутствуют фундаментальные работы по снегоотложению в условиях городской застройки. Известны отдельные работы, результаты которых не всегда согласуются между собой.

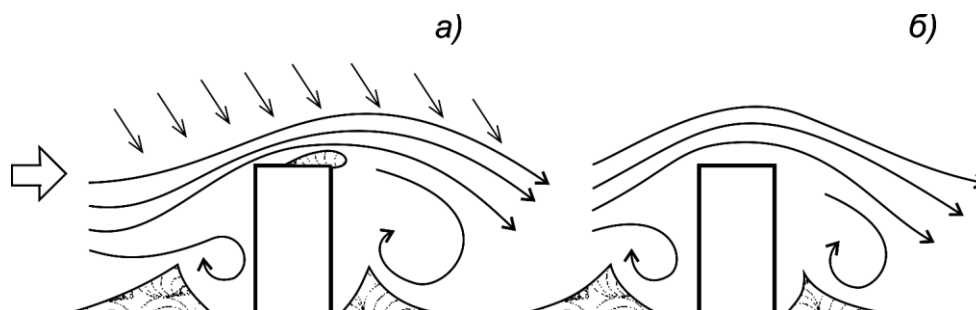


Рис. 2.23. Характер снегоотложений у зданий при общей метели (а) и низовой (б)

Однако, авторы работ сходятся в том, что основная масса снега – более 95% – переносится в приземном слое (не более 2 м от земли) и в том, что характер отложения снега у зданий будет различным для общих метелей (со снегопадом) и низовых (без выпадения снега), рис. 2.23.

При общей метели снегоотложения формируются перед зданием, на крыше здания и за зданием. При низовой метели снегоотложения на крышах не формируются, а образованные ранее сдуваются ветром. При общих метелях за зданием откладывается объем снега, сформированный из выпавшего снега, и перенесенного через здание снеговоздушным потоком. При низовых – объемом ранее выпавшего снега и снега, перенесенного ветром с крыши здания.

2.5 Ветровой режим

Микроклимат и комфортные условия городских территорий в значительной степени зависят от ветрового режима. Еще Гиппократ предсказывал виды заболеваний у горожан в зависимости от преобладающих в городе ветров. Витрувий предостерегал от ветров в переулках города: холодные ветры неприятны, знойные нездоровы, влажные вредны. Аристотель обращал внимание при выборе месторасположения города: города, обращенные к востоку и в сторону восточных ветров, наиболее удовлетворяют санитарным условиям. Палладио предостерегал от строительства в долинах: ветра там яростны вследствие узких расселин, через которые они вырываются, а без ветра воздух становится тяжелым и нездоровым. Эти предостережения архитекторов эпохи возрождения не были учтены при проектировании городов Кузбасса (Кемерово, Кузнецк и др.). В Кузбассе в зимний период наблюдается большое количество штилей, а рельеф местности характеризуется замкнутыми котловинами и плохо проветриваемыми долинами. Падение скорости ветра в котловинах и большое количество штилей привели к сильнейшему загрязнению жилых районов выбросами производства, хотя размещение предприятий было правильное – по розе ветров.

Первое представление о ветре можно получить, анализируя шкалу Бофорта, табл.2.14, баллы которой определяются визуально по ряду косвенных признаков.

В строительной климатологии ветровой режим характеризуют скоростью и повторяемостью ветра по румбам. Скорость ветра измеряется в м/с, а направление в % (без учета штилей). В соответствии со странами света различают 8 румбов: северный (С), северо-восточный (СВ), восточный (В), юго-восточный (ЮВ), южный (Ю), юго-западный (ЮЗ), западный (З), северо-западный (СЗ). Данные о ветровом режиме какой-либо местности представляют в табличной форме или графически, в виде

Характеристика ветровых воздействий на окружающую среду и человека

Баллы по шкале Бофорта	Характеристика ветра	Скорость ветра, м/с	Описание ветровых воздействий	
			на окружающую среду	на человека
0	Штиль	< 0,4	Дым из труб поднимается отвесно	Ветер не ощущается
1	Тихий	0,4 – 1,5	Дым из труб поднимается не совсем отвесно	Ветер не ощущается
2	Легкий	1,6 – 3,3	Шелестят листья	Движение воздуха ощущается лицом
3	Слабый	3,4 – 5,4	Развеваются легкие флаги. Колеблются листья и мелкие сучья	Ветер треплет волосы, развеивает одежду
4	Умеренный	5,5 – 7,9	Колеблются тонкие ветки деревьев. Ветер поднимает пыль и клочки бумаги	Ветер приводит в беспорядок прическу
5	Свежий	8,0 – 10,7	Колеблются большие сучья. На воде появляются волны. Поземка переходит в метель	Напор ветра ощущается всем телом
6	Сильный	10,8 – 13,8	Колеблются большие ветки. Гудят телефонные провода. Ветер взметает снег выше головы (снежный буран)	Зонтики используются с трудом. Ветер сильно развеивает волосы. Трудно сохранять устойчивость при ходьбе. Неприятный шум от ветра в ушах
7	Крепкий	13,9 – 17,1	Качаются стволы небольших деревьев. На море поднимаются пенящиеся волны	Возникают неудобства при ходьбе
8	Очень крепкий	17,2 – 20,7	Ломаются ветки деревьев	Очень трудно идти против ветра и удерживать равновесие во время порывов ветра
9	Шторм	20,8 – 24,4	Небольшие разрушения. Срываются дымовые трубы и черепица.	Порывы ветра сбивают людей с ног

так называемой «розы ветров» (табл. 2.15, рис. 2.24).

В зависимости от задач проектирования, используют годовую, сезонную или месячную розу ветров. Важной характеристикой ветрового режима является изменчивость скорости ветра с высотой. В климатических справочниках приведены данные о скорости ветра, полученные на высоте 10 м над уровнем земли. На высотах меньше 10 м скорость ветра снижается, а с увеличением высоты – возрастает. На высоте тридцатизэтажного дома скорость ветра приблизительно удваивается.

Таблица 2.15

Данные по скорости ветра и его повторяемости для Казани за январь и июль

Месяц	Показатели	Румбы							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	Повторяемость, %	11	4	6	20	28	12	13	6
	Скорость ветра, м/с	3,8	4,2	4,2	5,0	5,7	4,8	4,8	3,8
июль	Повторяемость, %	16	13	11	10	10	8	14	18
	Скорость ветра, м/с	3,8	3,6	3,9	3,3	3,3	3,2	4	4,2

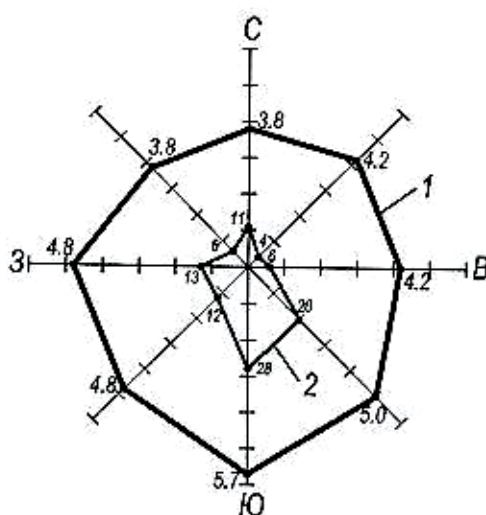


Рис.2.24. Роза ветров для Казани (январь); 1 – скорость ветра в м/с, 2 – повторяемость в %

Для оценки изменения скорости ветра с высотой обычно используют степенную зависимость [53]:

$$v_H = v_{10} \left(\frac{H}{10} \right)^n, \quad (2.20)$$

где: v_H — скорость ветра, м/с на высоте H , м,
 v_{10} — скорость ветра, м/с на высоте 10 м,
 n — коэффициент, зависящий от географического района и скорости v_{10} (изменяется от 0,1 до 0,65), табл. 2.16.

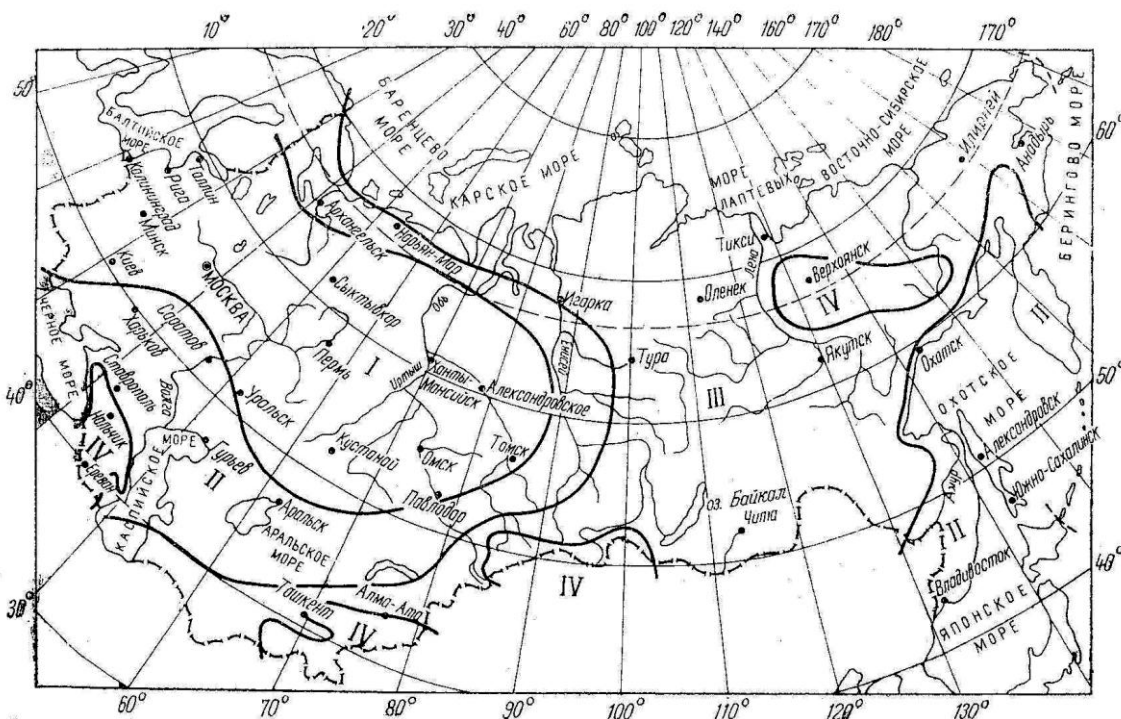


Рис.2.25. Схематическая карта районов для определения показателя степени n в формуле (2.20)

Таблица 2.16

Показатель степени n для различных районов СССР в зависимости от скорости ветра v_{10} м/с

Районы (по карте рис.2.25)	Скорость ветра, м/с								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 и более
I	0,65	0,5	0,4	0,35	0,25	0,2	0,2	0,15	0,1
II	0,6	0,4	0,35	0,25	0,2	0,2	0,15	0,15	0,1
III	0,45	0,35	0,25	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
IV	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Примечание. В городских кварталах, отличающихся большой застройкой, при определении зимней скорости ветра (и соответствующего показателя степени n) необходимо использовать данные местных управлений Гидрометеослужбы, принимая во внимание, что в условиях такой застройки скорость ветра подвержена большим изменениям.

Существует много других рекомендаций и формул по определению изменчивости скорости ветра с высотой [14,54,55]. Результаты расчетов могут различаться в 2 раза и более.

Наиболее приемлемыми для городских условий следует считать рекомендации СНиП [55] по изменению скорости ветра с высотой в зависимости от типа местности, табл. 2.17.

Таблица 2.17

Поправочный коэффициент k_B для расчетной скорости ветра

Высота, м	Коэффициент k_B для типов местности		
	А	В	С
≤5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8

В этой таблице принята следующая классификация типов местности:
А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра.

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м.

С – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

При этом следует иметь в виду, что типы местности могут быть различными для данного города или района в зависимости от преобладающего направления ветра.

С учетом данных табл. 2.17 изменение скорости ветра с высотой определится по формуле:

$$v_H = k_B \cdot v_{10} \quad (2.21)$$

В современных условиях учет ветрового режима в архитектурно – строительном проектировании идет по нескольким направлениям. Ветер оказывает большое влияние на **формирование микроклимата в городской застройке**. В летний период воздействие ветра является благоприятным (ветер охлаждает), зимой - усиливает ощущение холода.

Воздействие ветра на теплоощущения человека следует рассматривать одновременно с температурой воздуха. Так, например, усиление ветра на 1-2 м/с эквивалентно понижению температуры на 2-3⁰С. Скорость ветра выше 5 м/с воспринимается человеком как дискомфортная.

Пребывание человека на улице в зимних условиях определяется совместным воздействием отрицательных температур и скорости ветра (рис. 2.26 [20]). Данные рисунка предъявляют требования к проектиро-

ванию зданий и комплексов в условиях Севера, исключаящие или сводящие к минимуму переход между зданиями по открытому воздуху.

В зимних условиях, при скорости ветра свыше 5 м/с, происходит сильное охлаждение зданий. Наветренные стены зданий со стороны господствующих зимних ветров требуют повышенной воздухонепроницаемости и теплозащиты. Согласно нормативным документам, теплопотери в зданиях за счет инфильтрации при действии ветра составляют 5% для ограждений, защищенных от ветра, и 10% – для ограждений, открытых ветрам. Фактически теплопотери от ветра могут достигать 30%. В зарубежных нормах теплопотери зданий от инфильтрации при ветре в зависимости от высоты зданий составляют: США – 30-40%, Англия – 15-50%, ФРГ – 7-40%.

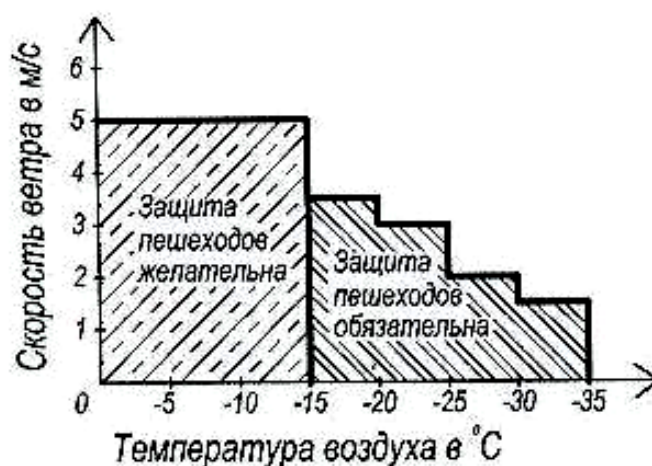


Рис.2.26. Воздействие ветра и отрицательных температур на человека

Есть предложения [16], учет теплопотерь при ветре проводить на основе так называемой температурной розы ветров, в которой объединены повторяемость, средняя температура и средняя скорость ветра каждого направления (румба).

Ветровая нагрузка на здания зависит от скорости ветра и аэродинамических характеристиках зданий.

На рис. 2.27 показаны примеры обтекания здания воздушным потоком, который определяет ветровой напор на наветренной стороне и отсос на заветренной и других ограждениях здания [31]. Из рис. 2.27 можно видеть, что изменением геометрических параметров зданий (h/ℓ) или (H_0/ℓ) элементы кровли испытывают давление ветра или отсос. Так, например, при $h/\ell=1/8$ скат кровли подвержен отсосу, а при $h/\ell=1/2$ скат кровли испытывает давление. Это обстоятельство является важным при проектировании несущих конструкций кровли.

В общем случае давление ветра на здание (Р) определяется по формуле:

$$P = K \frac{\rho_H v_H^2}{2}, \quad (2.22)$$

где: К – аэродинамический коэффициент;

ρ_H – плотность наружного воздуха, кг/м³;

v_H – скорость ветра, невозмущенного ветрового потока, м/с;

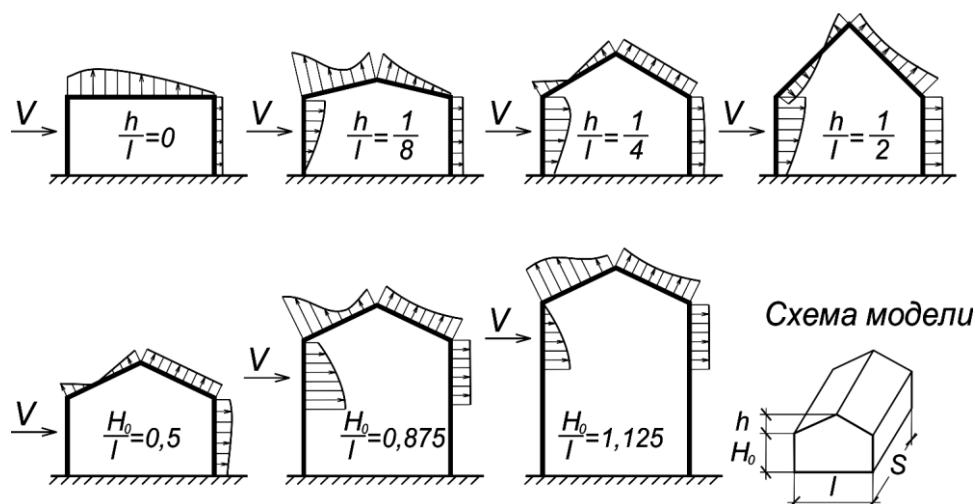


Рис.2.27. Ветровой напор на здания при различных параметрах модели

Анализ эпюр ветрового давления рис. 2.27 показывает, что наибольшее давление или разрежение приходится на карнизы и коньки зданий. В связи с этим, важное значение приобретает проектирование конструкций углов, карнизов, коньков и парапетов зданий, крепление ограждающих элементов в этих местах, поскольку эти участки испытывают повышенное отрицательное давление ветра (аэродинамический коэффициент равен 2,0 (рис. 2.28). Невнимание к вопросам конструирования указанных элементов зданий может привести к серьезным авариям. Так в зиму 1956/57 гг. в Норильске во время сильного ветра была сорвана крыша пятиэтажного здания вместе с частью стояков отопления.

Ветер не только вызывает ветровую нагрузку на здания, но является также **побудителем естественного воздухообмена в зданиях**. В этом случае ветровое давление на здание будет определяться по формуле:

$$P = \left(\frac{K_1 - K_2}{2} \right) \cdot \frac{\rho_H v_H^2}{2}, \quad (2.23)$$

где: K_1 и K_2 – аэродинамические коэффициенты с наветренной и заветренной сторон здания

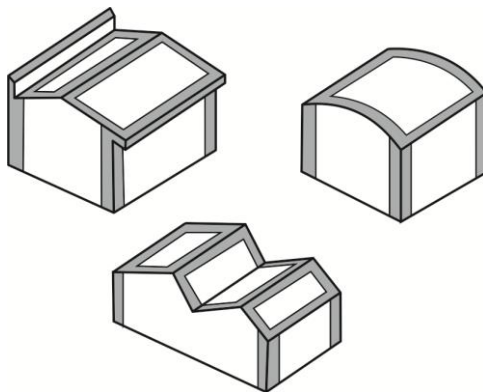


Рис.2.28. Участки зданий с повышенным отрицательным давлением ветра по СНиП 2.01.07-85

Следует заметить, что результаты расчетов по формулам (2.22) или (2.23) в значительной степени зависят от правильности выбора значения скорости ветра, поскольку в формулу она входит в квадрате.

Несмотря на «одинаковость» в написании формул (2.22) и (2.23) и похожесть задач (оценка ветрового давления на здания), выбор значения скорости ветра для них принципиально различен.

Для ветра, как нагрузки, следует выбирать скорость, повторяющуюся достаточно редко – один раз за определенный период лет. Этот период зависит от решаемой задачи. При расчете ветровой нагрузки на здание в целом, принимается скорость ветра, случающаяся один раз за 10 или 20 лет. При расчете крепления элементов зданий, которые могут быть заменены в процессе эксплуатации, можно принять другое значение скорости ветра, повторяющееся, например, один раз в 5 лет. Это значение будет ниже, ветровое давление будет также ниже, и крепежные элементы могут быть экономичнее.

При оценке воздухообмена в зданиях, подход к величине расчетной скорости ветра (формула 2.23) принципиально другой. Воздухообмен в зданиях формирует санитарно-гигиенические условия в помещениях и обеспечивает чистоту воздуха. Эти условия должны поддерживаться в помещениях постоянно, то есть круглый год. Это означает, что расчетная скорость ветра в формуле (2.23) должна представлять собой величину, которая с высокой степенью вероятности обеспечивает необходимый ветровой напор и воздухообмен на протяжении года. Расчетная величина скорости ветра должна определяться из анализа вероятности скоростей ветра по градациям. Например, для Казани подобные данные приведены в табл. 4.8.

На основании табл. 4.8 построен график зависимостей вероятностей средней за год скорости ветра по градациям (рис. 2.29).

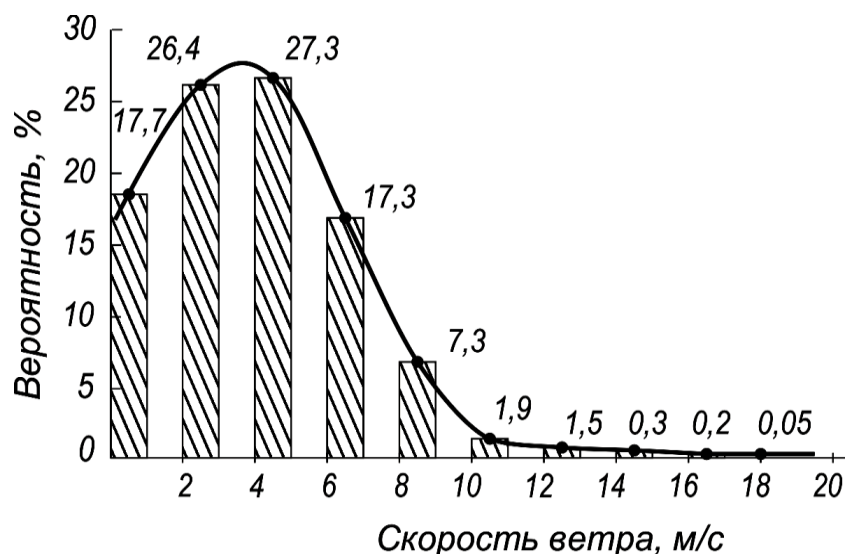


Рис. 2.29. Вероятность скорости ветра по градациям для Казани

Из рис. 2.29 видно, что в интервале скоростей 2-3 и 4-5 м/с вероятность составляет $26,4 + 27,3 = 53,7 \%$, то есть более полугода скорость ветра находится в пределах 2-5 м/с. Очевидно, что средняя за год расчетная скорость ветра должна находиться в интервале 3-4 м/с.

В табл. 4.8 приведена вероятность скорости ветра по градациям за каждый месяц. На основании этих данных расчетная скорость ветра для целей воздухообмена может быть уточнена для отдельного месяца или сезона.

2.6 Оценка «круга горизонта» по климатическим факторам.

В предыдущих разделах проведен отдельный анализ климатических факторов, в то время, как в действительности они действуют совместно. Первое представление о комплексном воздействии климатических факторов на человека, здание или город можно получить на основе экологической модели пространства Блинова В.А.[4].

В графическом выражении модель представляет собой круг с наблюдателем (или проектируемым объектом) в центре, а по сторонам горизонта расположены климатические факторы, векторно сориентированные на наблюдателя (рис. 2.30). Для удобства прочтения различные климатические факторы размещаются на концентрических окружностях разных диаметров.

Модель позволяет выделить и оценить положительные и отрицательные воздействия климатических факторов: благоприятная солнечная радиация или перегрев, направление снеготранспорта и вероятность образования сугробов и т.д.

Оценку круга горизонта по климатическим факторам легко превратить в экологическую модель пространства добавлением других факторов городской среды, имеющих векторный характер (шум, производственные загрязнения, газы и запахи, технологическая пыль и т.д.).

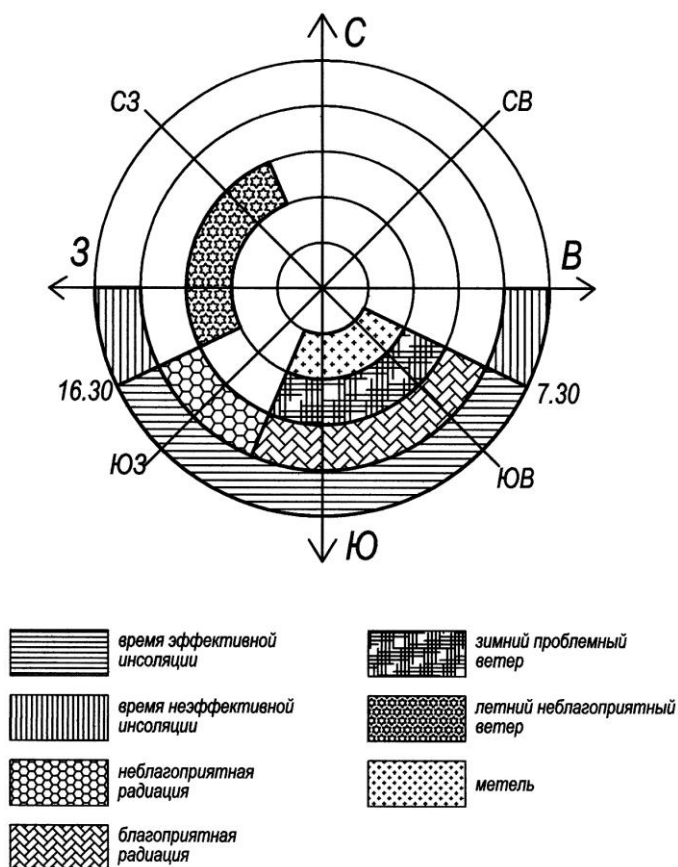


Рис. 2.30. Оценка круга горизонта по климатическим факторам для Казани

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Пофакторная оценка климата, рассмотренная в предыдущих разделах, является важной, но не единственной задачей строительной климатологии. В реальных условиях эксплуатации климатические факторы воздействуют совместно, поэтому второй важной задачей является оценка комплексного воздействия климатических факторов на территорию застройки, отдельные здания и сооружения. В связи с этим, в архитектурно-строительном проектировании используются представления о климатических особенностях отдельных территорий, так называемое, климатическое районирование.

Под климатическим районированием понимается разделение территории страны на зоны с одинаковыми или близкими параметрами климатических или геофизических факторов. Климатическое районирование позволяет успешно решать типологию объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, а также задачи градостроительного проектирования.

Климатическое районирование территории России целесообразнее рассматривать с позиций климатических особенностей Евразийского континента. На рис. 3.1 представлена карта-схема Европы с изолиниями средней температуры воздуха в январе [7]. Из рис. 3.1 можно видеть, что во многих Европейских странах средняя температура января положительная, в то время как в Москве она составляет минус 10°C (и далее снижается по линии с юго-запада на северо-восток, аналогично изменению температуры промерзания грунтов (см. рис. 2.5).

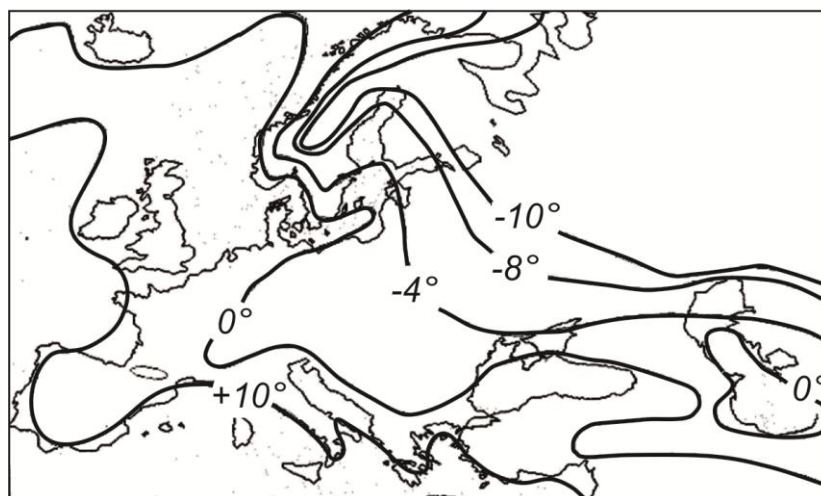


Рис.3.1. Карта-схема Европы с изолиниями средней температуры воздуха в январе

Некоторые авторы [7] полагают, что изотерма января – минус 4⁰С является исторической границей между западной и российской цивилизациями. Эти цивилизации отличались способами ведения сельского хозяйства и строительства, что и формировало национальный характер народов.

Российский историк С.М. Соловьев отмечал, что «природа для Западной Европы, для ее народов была мать; для Восточной, для народов, которым суждено было здесь действовать, – мачеха» [7]. В связи с этим, использование западных технологий проектирования и строительства без учета фундаментальных климатических и природных особенностей Российских территорий будет экономически нецелесообразно и даже вредно.

Не случайно, анализируя работы по климатическому районированию, С.Б. Чистякова [37], со ссылкой на О.Р. Назаревского, приводит оценку территории СССР «по степени благоприятности природных условий для жизни населения», рис. 3.2.

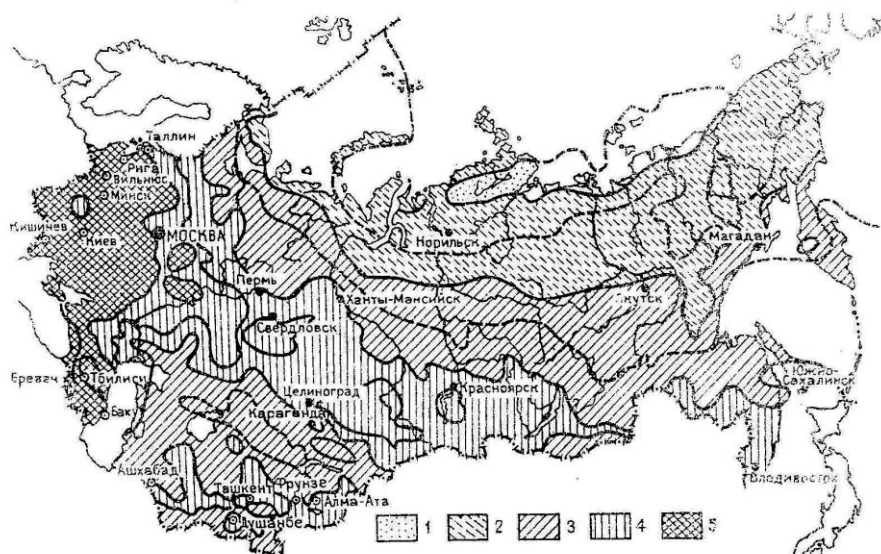


Рис.3.2. Оценка территории СССР по степени благоприятности природных условий для жизни населения (по О.Р. Назаревскому):
1–крайне неблагоприятные; 2–неблагоприятные; 3–малоблагоприятные ;
4–благоприятные; 5–наиболее благоприятные

«Степень благоприятности» на этой схеме оценивается на качественном уровне: 1 – крайне неблагоприятные; 2 – неблагоприятные; 3 – малоблагоприятные; 4 – благоприятные; 5 – наиболее благоприятные; и можно видеть, что больше половины территории современной России находится в неблагоприятных для жизни людей климатических условиях.

Это обстоятельство накладывает на архитекторов, строителей и градостроителей высокую степень ответственности в их профессиональной деятельности.

3.1 Климатическое и геофизическое районирование для целей градостроительства

Первым отечественным нормативным документом по климатическому районированию следует считать изданные в 1930 году «Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений» [42], в которых территория страны разделена на три зоны: северную, среднюю и южную. Для градостроительных целей это деление сохранилось до настоящего времени. Однако, на основе исследований ЦНИИЭП жилища и ЦНИИЭП градостроительства, а также разработанного биометеорологического метода были пересмотрены климатические границы районов, и введено деление зон на подзоны и подрайоны, рис. 3.3 [37]

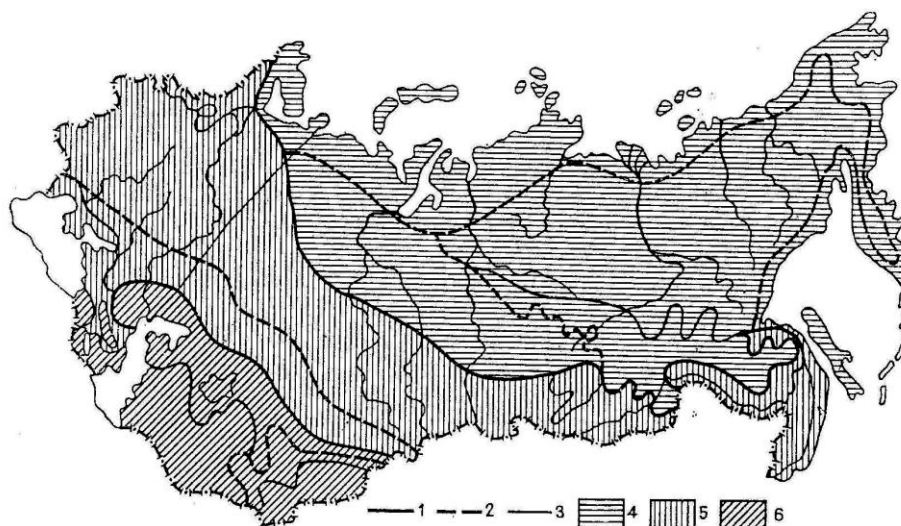


Рис.3.3. Схематическое районирование территории СССР для целей градостроительства: 1 – границы зон; 2 – границы подзон; 3 – границы подрайонов; 4 – северная зона; 5 – зона умеренного климата; 6 – южная зона

При сопоставлении границ зон для целей градостроительства (рис.3.3) с картой «степени благоприятности для проживания» (рис. 3.2) можно видеть, что вся северная зона является неблагоприятной для проживания человека, освоение этих территорий и создание на них комфортной среды для жизни и работы населения потребует от профессионалов многоуровневых серьезных исследований, грамотных решений и больших финансовых вложений.

Таблица 3.1

**Природно-климатическая характеристика зон для целей
градостроительства**

Подзона	Природно-климатические условия	
	климатические	природные
Северная зона		
Тундровая (арктическая пустыня, тундра, лесотундра)	Недостаточность солнечного тепла и суровый дефицит ультрафиолетовой радиации; сильные ветры; низкие отрицательные температуры; большие объемы снеготранспорта	Сплошная многолетняя мерзлота; переувлажненные грунты; заболоченность; термокарст; отсутствие древесной растительности; сложное строение рельефа; сели; сейсмичность
Таежная (редколесье Восточной Сибири, тайга)	Низкие отрицательные температуры; большая повторяемость штилей; значительный и умеренный дефицит ультрафиолетовой радиации	Сплошная (север) островная многолетняя мерзлота; термокарстовые процессы (просадки и оплывание размороженных грунтов); сильная заболоченность; наличие просадочных пород; оползни; сели; сейсмичность
Лесоболотная (Западная Сибирь)	Низкие отрицательные температуры; значительный и умеренный дефицит ультрафиолетовой радиации; повышенные скорости ветра в зимний период	Заболоченность до 50% территории; заселенность
Зона умеренного климата		
Лесная (смешанные широколиственные леса)	Умеренный дефицит ультрафиолетовой радиации; большая повторяемость субкомфортных погод	Заболоченность (запад европейской части, юг Западной Сибири); карстовые процессы; наличие просадочных пород; эрозия почв
Степная (лесостепь, степь)	Суховеи, пыльные бури в теплый период	Широкое распространение эрозионных форм рельефа (овражно-балочная сеть); карстовые процессы; наличие просадочных пород; оползни; сейсмичность
Южная зона		
Полупустыня (пустыня, сухие субтропики)	Высокие положительные температуры (перегрев); избыток солнечной радиации; избыточное ультрафиолетовое облучение; пылевая деятельность; резкие перепады температуры; отрицательный баланс влаги; в горных районах – неоднородный режим инсоляции и аэрации (зависит от крутизны и экспозиции склонов)	Золотые формы рельефа: сильное засоление почв и грунтовых вод; просадки грунтов (суффозия); карстовые явления; перевеваемые пески; бедность растительности; отсутствие воды; в горных районах – сели, оползни
Оазисы, предгорья , речные низменные и горные долины	Избыток солнечной радиации; избыточное ультрафиолетовое облучение; высокие положительные температуры (перегрев)	Ограниченность земельных и водных ресурсов; благоприятность почвенных условий; отсутствие естественных лесных массивов; наличие участков с засоленными почвами и грунтовыми водами; в предгорьях рельеф пересеченный
Влажные субтропики	Высокие положительные температуры; в горных районах – неоднородный режим инсоляции и аэрации (зависит от крутизны и экспозиции склонов); повышенная влажность воздуха	В районах со сложным строением рельефа – интенсивные эрозионные процессы, оползни, обвалы, просадочные грунты, сели, лавины, сейсмичность

В работах С.Б. Чистяковой дан глубокий анализ природных и климатических условий каждой градостроительной зоны. Результаты этой работы представлены в табл. 3.1 [37].

Данные табл. 3.1 показывают, что в архитектурно-строительном проектировании следует учитывать следующие особенности климатических зон:

- для северной зоны: дефицит солнечной и ультрафиолетовой радиации, сильное переохлаждение за счет ветра и низких отрицательных температур, большие объемы снеготранспорта;

- для южной зоны: избыток солнечной и ультрафиолетовой радиации, перегрев за счет высоких температур, пыльные бури.

Большого внимания и ответственных инженерных решений требуют такие природные и геофизические факторы, как вечная мерзлота, заболоченность, переувлажненные грунты, просадочные и карстовые явления, оползни, сели, эрозия, сейсмичность.

Климатическое районирование по геофизическим факторам приведено в ряде нормативных документов [50,51,53,55]. Ниже в виде карт-схем представлено районирование территории страны по некоторым сложным грунтовым основаниям: по распространению вечномёрзлых грунтов, рис. 3.4, по наличию карста, рис. 3.5, по распространению селеопасных районов, рис. 3.7 и районов, подверженных оползневым процессам, рис. 3.6.

При градостроительном планировании следует учитывать также районирование территории страны по рассмотренным ранее физико-климатическим факторам: по влажности воздуха (рис. 2.6), по величине интенсивности расчетного дождя q_{20} (рис. 2.10) и q_5 (табл. 2.12 и рис. 2.11), по количеству осадков выпадающих на стены зданий наветренной ориентации (рис. 2.16), по высоте снежного покрова (рис. 2.17), по объемам снеготранспорта (рис. 2.20).

Таким образом, можно получить первое представление о геофизической и физико-климатической характеристике заданного места строительства. Пример подобной характеристики для условий Казани приведен в табл. 3.2.

3.2 Климатическое районирование для строительства

Характеристика природно-климатических зон для целей градостроительства (рис. 3.3 и табл. 3.1) носит слишком общий характер. Отчетливо показано лишь различие между зонами: северной, умеренного климата и южной. Названные зоны занимают обширные территории страны и даже в пределах одной природно-климатической зоны численные значения климатических факторов будут различны для разных подзон и подрайонов.

Таблица 3.2

**Геофизическая и физико-климатическая характеристика
заданного места строительства (пример для Казани)**

№ п/п	Наименование показателей	Характеристика или величина
1.	Вечная мерзлота (криогенные толщи) (рис. 3.4)	Отсутствует
2.	Глубина промерзания глинистых и суглинистых грунтов (рис. 2.5)	180 см
3.	Карстовые явления (рис. 3.5)	Районы гипсового и карбонатно-гипсового карста. Растворение пород за период эксплуатации зданий может быть значительным
4.	Оползневые процессы (рис. 3.6)	Средняя и слабая подверженность
5.	Селеопасные грунты (рис. 3.7)	Отсутствуют
6.	Просадочные (лессовые) грунты (рис.7, Приложение 1 СНиП 2.01.01-82)	Преимущественно лессовидные средней мощности (чаще 5-10 м), дающие незначительные просадочные деформации при дополнительных нагрузках (I тип грунтовых условий и непросадочные)
7.	Влажность воздуха по «Карте зон влажности» (рис. 2.6)	Нормальная
8.	Расчетная интенсивность дождя q_{20} (рис. 2.10)	75 л/с на 1 га
9.	Расчетная интенсивность дождя q_5 (рис. 2.11, табл. 2.12)	200 л/с на 1 га
10.	Количество осадков, выпадающих на стены зданий наветренной ориентации за теплый период года (рис. 2.16)	750 мм
11.	Высота снежного покрова (рис. 2.17)	90 см
12.	Объемы снеготранспорта (рис.2.20)	400 м ³ /м

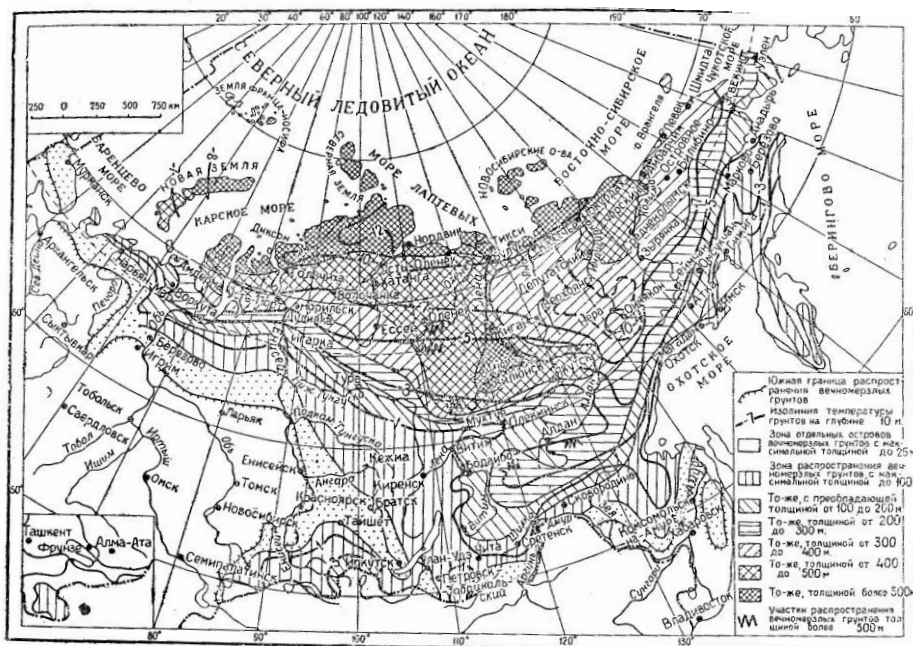


Рис.3.4. Схематическая карта распространения вечномёрзлых грунтов на территории СССР (СНиП II – А.6 – 72)

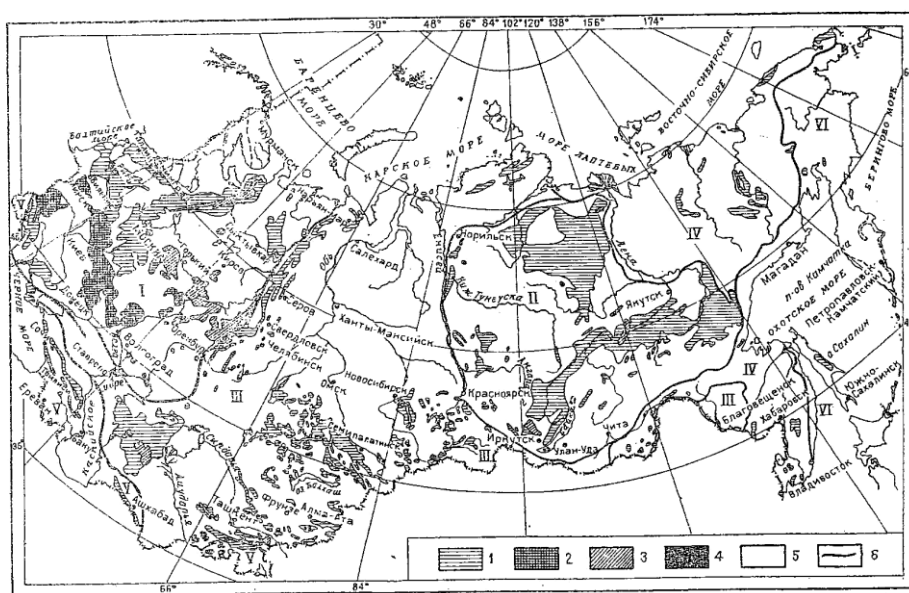


Рис.3.5. Схематическая карта распространения карста на территории СССР (СНиП 2.01.01 – 82) : 1 – районы карбонатного карста. Растворение пород за период эксплуатации зданий и сооружений незначительно; 2 – районы мелового карста. Растворимость пород мала; 3 – районы гипсового и карбонатно-гипсового карста. Растворение пород за период эксплуатации зданий и сооружений может быть значительным; 4 – районы соляного, гипсо-соляного и карбонатно – гипсо-соляного карста; 5 – районы некарстовые; 6 – границы тектонических регионов: I – русская платформа; II – сибирская платформа; III – области палеозойской складчатости; IV – области мезозойской складчатости; V – области кайнозойской складчатости Тетиса; VI – области кайнозойской складчатости Тихоокеанского пояса

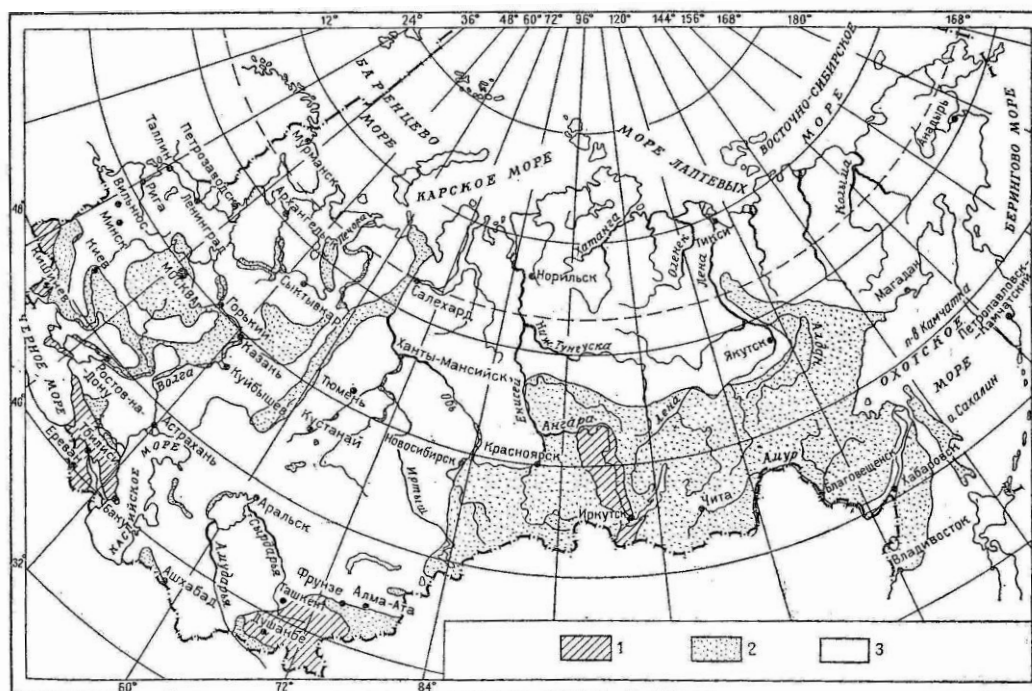


Рис.3.6. Схематическая карта районов, подверженных оползневым процессам, на территории СССР (СНиП 2.01.01 -82): 1 – сильная подверженность; 2 – средняя подверженность; 3 – слабая подверженность

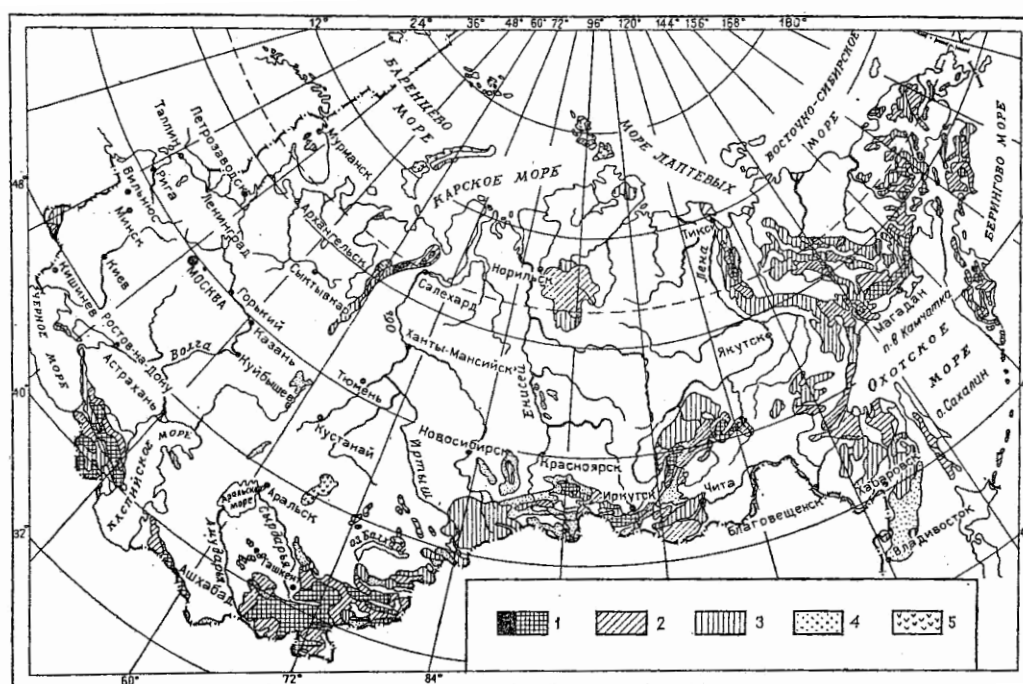


Рис.3.7. Схематическая карта **селеопасных районов** на территории СССР (СНиП 2.01.01 – 82). Районы: 1 – значительной степени селеопасности; 2 – средней степени селеопасности; 3 – слабой степени селеопасности; 4 – потенциально селеопасной; 5 – селеподобные потоки аридной зоны и окраин ледяных щитов

Для архитектурно-строительного проектирования и выработки типологических требований для зданий различного назначения требуется деление территории страны на такие районы, внутри которых значения климатических факторов одинаковы или различаются незначительно. Климатическое районирование территории страны по этому принципу развивается в отечественной практике с 30-х годов прошлого века. Первые нормативные документы по климатическому районированию по мере их совершенствования развивали и типологические требования к жилым зданиям (толщина стен, устройство галерей, ориентация жилых комнат и т.д.) [44,45,47,49].

В 1934 году климатическое районирование проведено по температуре воздуха за самый холодный месяц – январь и самый жаркий – июль. Территория страны разделена на четыре района: северный, средний, южный и субтропический.

Опыт строительства и эксплуатации жилых зданий в последующие годы показал, что важное значение имеют и другие климатические факторы. Так, в северных районах сильные теплотери в зданиях зимой связаны с ветром. В южных районах теплоощущения человека определяются сочетанием температуры и влажности воздуха.

Дальнейшие исследования метеорологов, архитекторов, проектировщиков и строителей позволили уточнить границы районов, ввести деление районов на подрайоны с более узкими границами климатических факторов. В итоге этих работ в СНиП, издания 1972 г., «Строительная климатология и геофизика» появилась карта климатического районирования территории СССР для строительства (рис.3.8). В СНиП 2.01.01-82 [51], 1982 года издания, произошло уточнение границ I климатического района. Увеличился район ID за счет района IB (см. карту-схему рис. 3.8 в сравнении с картой-схемой рис.3.9). Карта климатического районирования 1982 года подтверждена в СНиПе 23-01-99* [52].

Одновременно с картой климатического районирования в нормативных документах [50-52] опубликована таблица параметров климатических факторов с температурой воздуха в январе и июле, с относительной влажностью воздуха в июле и средней скоростью ветра за три зимних месяца (табл. 3.3), которая с 1982 года по настоящее время изменилась только температурой января в подрайоне ID в связи с изменением его границ (с -28 до 32°C на -14 до -32°C).

При одновременном анализе карты климатического районирования (рис. 3.9) и таблицы параметров (табл. 3.3) становится очевидно, что скорость ветра и относительную влажность воздуха учитывают в подрайонах, расположенных по побережьям морей, где повышенная влажность и постоянные ветры в силу географических особенностей. Это

районы IB, IG, IIA, IIB, IIG. Другие подрайоны относятся к континентальным территориям, где и влажность ниже, чем на побережьях, и меньше выражен ветровой режим.

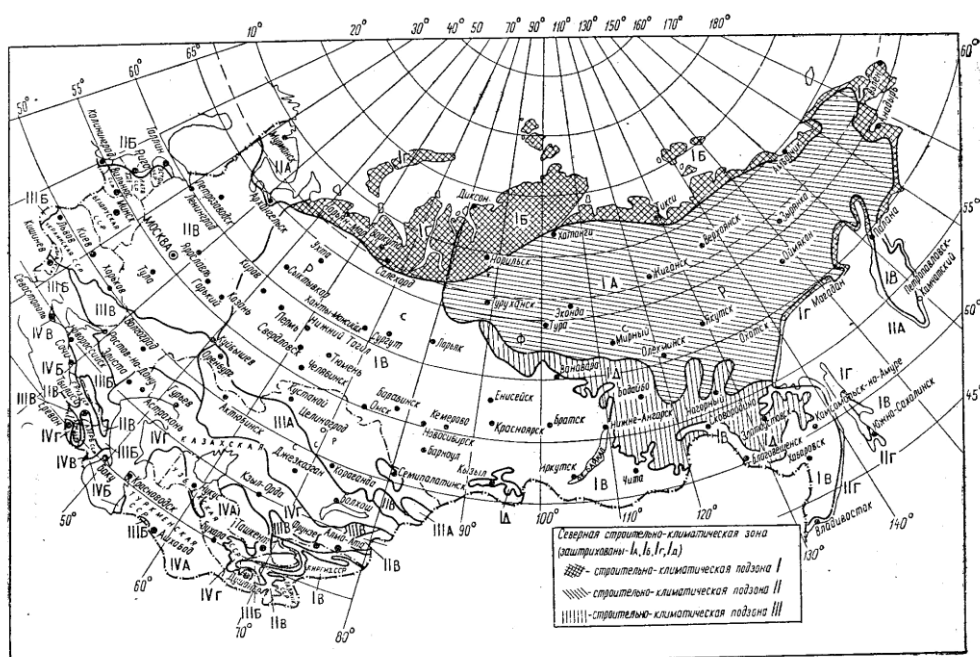


Рис.3.8. Карта-схема климатического районирования территории СССР для строительства (СНиП II – А.6-72)

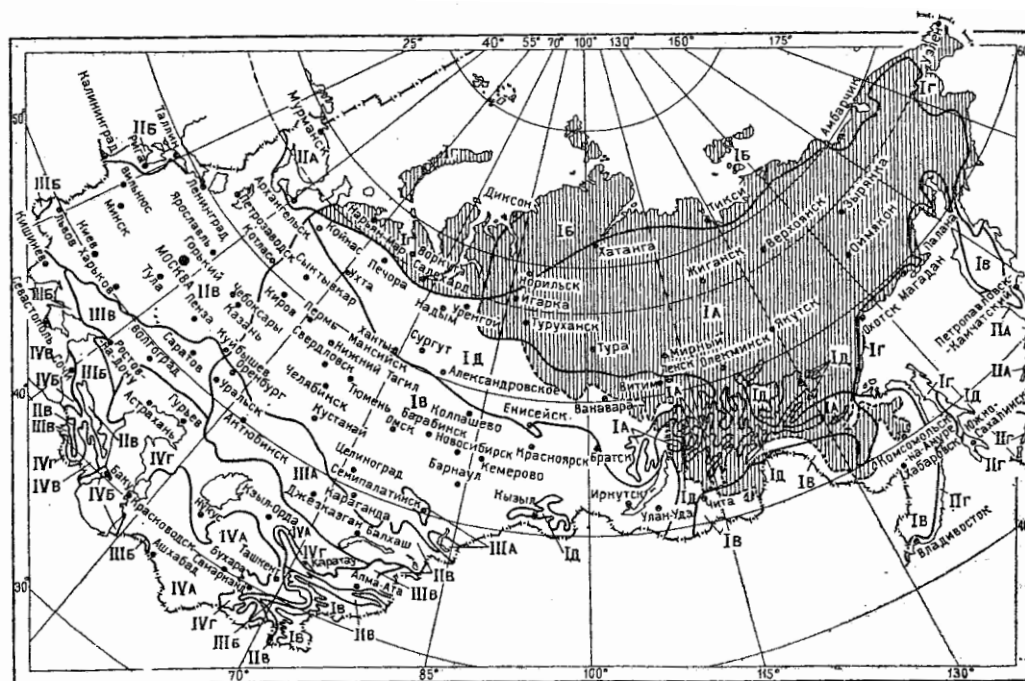


Рис.3.9. Карта-схема климатического районирования территории СССР для строительства (СНиП 2.01.01 – 82) (заштрихована северная строительно-климатическая зона)

Таблица 3.3

Характеристика климатических районов и подрайонов

Климатические районы	Климатические подрайоны	Среднемесячная температура воздуха в январе, град	Средняя скорость ветра за три зимних месяца, м/с	Среднемесячная температура воздуха в июле, град	Среднемесячная относительная влажность воздуха в июле, %
I	IA	От -32 и ниже	–	От +4 до +19	–
	IB	От -28 и ниже	5 и более	От 0 до +13	Более 75
	IV	От -14 до -28	–	От +12 до +21	–
	IG	От -14 до -28	5 и более	От 0 до +14	Более 75
II	ID	От -14 до -32	–	От +10 до +20	–
	IIA	От -4 до -14	5 и более	От +8 до +12	Более 75
	IIB	От -3 до -5	5 и более	От +12 до +21	Более 75
	IIV	От -4 до -14	–	От +12 до +21	–
	IIG	От -5 до -14	5 и более	От +12 до +21	Более 75
III	IIIA	От -14 до -20	–	От +21 до +25	–
	IIIB	От -5 до +2	–	От +21 до +25	–
	IIIV	От -5 до -14	–	От +21 до +25	–
IV	IVIA	От -10 до +2	–	От +28 и	–
	IVB	От +2 до +6	–	выше	50 и более в 13 ч.
	IIVB	От 0 до +2	–	От +22 до +28	–
	IIVG	От -15 до 0	–	От +25 до +28	–
Примечание: климатический подрайон ID характеризуется продолжительностью холодного периода года (со средней суточной температурой ниже 0 ⁰ C) 190 дней в году и более					

При использовании карты климатического районирования в отдельных регионах России возникают ситуации, когда границы климатических районов и подрайонов не совпадают с границами административных районов, что затрудняет использование расчетных климатических параметров. В этих случаях на региональном уровне в территориальных строительных нормах уточняют границы климатических районов и подрайонов и совмещают их с границами административных районов.

Масштаб карты климатического районирования для строительства (рис. 3.9) не всегда позволяет точно отнести географический пункт к тому или иному климатическому району или подрайону, особенно вблизи границ. В этом случае можно воспользоваться данными СНиП по

климатологии, сопоставив значения климатических факторов для заданного географического пункта с данными нормативной таблицы (табл. 3.3). Пример подобного уточнения для Казани приведен в табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Установление климатического района
(на примере Казани)**

Характеристика климатического района и подрайона	Ср. месячная температура воздуха в январе, °С	Ср. скорость ветра за 3 зимних месяца, м/с	Ср. месячная температура воздуха в июле, °С	Ср. месячная относительная влажность воздуха в июле, %	Климатический подрайон
По нормативной табл. климатического районирования (табл. 3.3)	от -4 до -14	не норм.	от +12 до +21	не норм.	ПВ
По данным СНиП 23-01-99*	-13,5	4,5	+19,1	62	ПВ

Климатическое районирование 1972 года несло в себе большой позитивный смысл. Это позволило разработать типологические требования к жилым зданиям в различных климатических районах, что нашло отражение во всех последующих изданиях СНиП «Жилые здания». Это планировка квартир, высота этажей, проветривание, ориентация, подсобные помещения, солнцезащитные устройства, лоджии и др. В табл.3.5 приведена выборка из СНиП «Жилые здания» 1995 и 2003 годов [58,59], касающаяся типологических требований к жилым зданиям в зависимости от климатических районов (подрайонов).

За прошедшие годы поднялся общий уровень стандарта жилища, менялись требования к жилью в потребительском смысле, что требовало новых разработок по учету климата при проектировании жилья, по выявлению тесной связи климата с режимом эксплуатации жилища и с категориями архитектурной композиции.

3.3 Климатическое районирование для типизации жилища и архитектурные средства преобразования среды

Большие исследования по влиянию климата на типологию жилища были выполнены в ЦНИИЭП жилища (В.К. Лицкевич, А.А. Гербурт – Гейбович, Г.К. Климова и др.) [20]. Основным результатом этих исследований состоит в том, что численные значения климатических факторов любых климатических районов (см., например, табл. 3.3) и их сочетания трансформированы в *типы погод на основе теплоощущений человека*.

Таблица 3.5

**Типологические требования к жилым зданиям
в различных климатических районах и подрайонах
(по СНиП 2.08.01 – 89*, 1995 г. и СНиП 31-01-2003)**

Типологические элементы	Климатический район, подрайон
Высота жилых помещений (от пола до потолка): – не менее 2,5 м – не менее 2,7 м	ІВ, ІІБ, ІІВ, ІІГ, ІІІ, ІV ІА, ІБ, ІГ, ІД, ІА
Высота этажей (от пола до пола): – не более 2,8 м – не более 3,0 м	ІВ, ІІБ, ІІВ, ІІГ, ІІІ, ІV ІА, ІБ, ІГ, ІД, ІА
Основные лестницы: – закрытые отапливаемые – допускаются наружные	І, ІІ, ІІА, ІІВ, ІV и ІІБ
Лифты предусматриваются в жилых зданиях: – с превышением уровня пола верхнего этажа над уровнем пола первого этажа на 11,2 м – с превышением уровня пола верхнего этажа над уровнем пола первого этажа на 9,0 м	ІВ, ІІ, ІІІ, ІVБ, ІVВ, ІVГ ІА, ІБ, ІГ, ІД, ІVА
Тамбуры при наружных входах в здание: – глубиной 1,5 м – глубиной 1,2 м – двойные тамбуры проектируют в зависимости от средней температуры наиболее холодной пятидневки и этажности зданий	І, ІІ ІІІ
Лоджии и балконы: – допускается предусматривать с учетом противопожарных и неблагоприятных климатических условий	ІІІ, ІV І, ІІ
Наружная регулируемая солнцезащита в пределах сектора 200 – 290°: – в жилых комнатах и кухнях – в жилых комнатах, кухнях и лоджиях	ІІІ ІV
Вентилируемый сушильный шкаф для верхней одежды и обуви	ІА, ІБ, ІГ, ІА
Вентиляция холодного чердака за счет устройства отверстий с каждой стороны здания: – площадью 1/500 чердачного перекрытия – площадью 1/50 чердачного перекрытия	І, ІІ ІІІ, ІV

Эти **теплоощущения** взаимно увязывают биологические и метеорологические процессы и явления. Для теплых районов определяющим оказалось сочетание температуры и влажности воздуха, а для холодных – температуры воздуха и скорости ветра. Было выделено семь типов погоды: жаркая, жаркая сухая (засушливая), теплая, комфортная, прохладная, холодная и суровая. Границы значений климатических факторов для различных типов погоды приведены на рис. 3.10.

Пределы температур, °С	Относительная влажность воздуха, %			
	≤ 24	25 - 49	50 - 74	≥ 75
50 ÷ 40				
40 ÷ 32	жаркая сухая		жаркая	
32 ÷ 28	теплая			
28 ÷ 24			теплая	
24 ÷ 20		комфортная		теплая
20 ÷ 12				
	Скорость ветра, м/с			
	≤ 1.9	2 - 4.9	5 - 9.9	≥ 10
12 ÷ 4		прохладная		
4 ÷ -12				
-12 ÷ -20		холодная		
-20 ÷ -28				
-28 ÷ -36			суровая	
-36 ÷ -72				

Рис.3.10. Характеристика типов погоды по сочетанию температуры и влажности воздуха, а также температуры и скорости ветра

Анализ рис. 3.10 показывает, что тип погоды, то есть теплоощущения человека, очень сильно зависят от сочетания факторов. Например, жаркая погода будет при температуре воздуха 50⁰С и при 24⁰С в зависимости от относительной влажности воздуха. Причем, в интервале температур воздуха 24-28⁰С в зависимости от его относительной влажности, погода будет теплой, комфортной или жаркой.

Для климатических районов, подрайонов или географических пунктов, где относительная влажность воздуха малозначима, теплоощущения человека и в летний период будут определяться скоростью ветра. Исходя из этих принципов, В.К. Лицкевич и Г.К. Климова [37] предложили новую классификацию погодных условий^{*)}, рис. 3.11.

^{*)} П.П. Коваленко [15] называет автором этой классификации Е.М. Ратнера, а саму классификацию биоклиматической.

	облачность в баллах								
	0 – 4			5 – 7			8 – 10		
	скорость ветра, м/с								
	0–2	2,1–4	4,1–6	0–2	2,1–4	4,1–6	0–2	2,1–4	4,1–6
41,9 – 39,0	перегрев среды								
38,9 – 36,0	3Т			жаркая погода					
35,9 – 33,0				2Т					
32,9 – 30,0									
29,9 – 27,0				теплая погода					
26,9 – 24,0				1Т					
23,9 – 21,0									
20,9 – 18,0	комфортная погода								
17,9 – 15,0									
14,9 – 12,0				прохладная погода					
11,9 – 0,0							1Х		

	скорость ветра, м/с					
	0 – 2	2,1 – 2,5	2,6 – 4,0	4,1 – 4,5	4,6 – 5,5	более 5,0
от 0 до -5,0	прохладная погода					
-5,1 – -10,0	1Х					
-10,1 – -15,0	холодная погода					
-15,1 – -20,0	2Х					
-20,1 – -25,0						
-25,1 – -30,0	суровая погода					
-30,1 – -35,0	3Х					
-35,1 – -40,0						

Рис.3.11. Биоклиматическая классификация погодных условий :
а – теплое время года, б – холодное время года

В летний период влияние солнечной радиации будет значительным, однако в такой обобщенной классификации, которая распространена на все климатические районы, невозможно в числовых значениях отразить влияние солнечной радиации. В связи с этим, авторы классификации погодных условий использовали степень облачности: в баллах (0 баллов – безоблачное небо, 10 баллов – сплошная облачность). Из рис. 3.11 можно видеть, что при неизменной температуре и скорости ветра (например, 40⁰С и 5 м/с) тип погоды с увеличением облачности изменяется от перегревной, через жаркую до теплой.

Представления о типах погоды позволили научно обосновать переход к одному из основных положений климатической типологии, к вопросу об архитектурных средствах преобразования среды, к вопросу о связи категорий архитектурной композиции с климатическими условиями, к вопросу о раскрытии или закрытии помещений во внешнюю среду.

Основополагающим следует считать **представления о четырех эксплуатационных режимах зданий: изолированном, закрытом, полуоткрытом и открытом.** В изолированном и закрытом эксплуатационном режиме требуются специальные проектные решения инженерных систем по жизнеобеспечению зданий. В полуоткрытых режимах системы жизнеобеспечения менее выражены, а в открытых – отсутствуют совсем. На рис. 3.12 дано графическое представление об основных режимах эксплуатации жилища при семи типах погоды, а в

табл.3.6 приведена характеристика типов погоды, режимов эксплуатации жилища и значений климатических факторов.

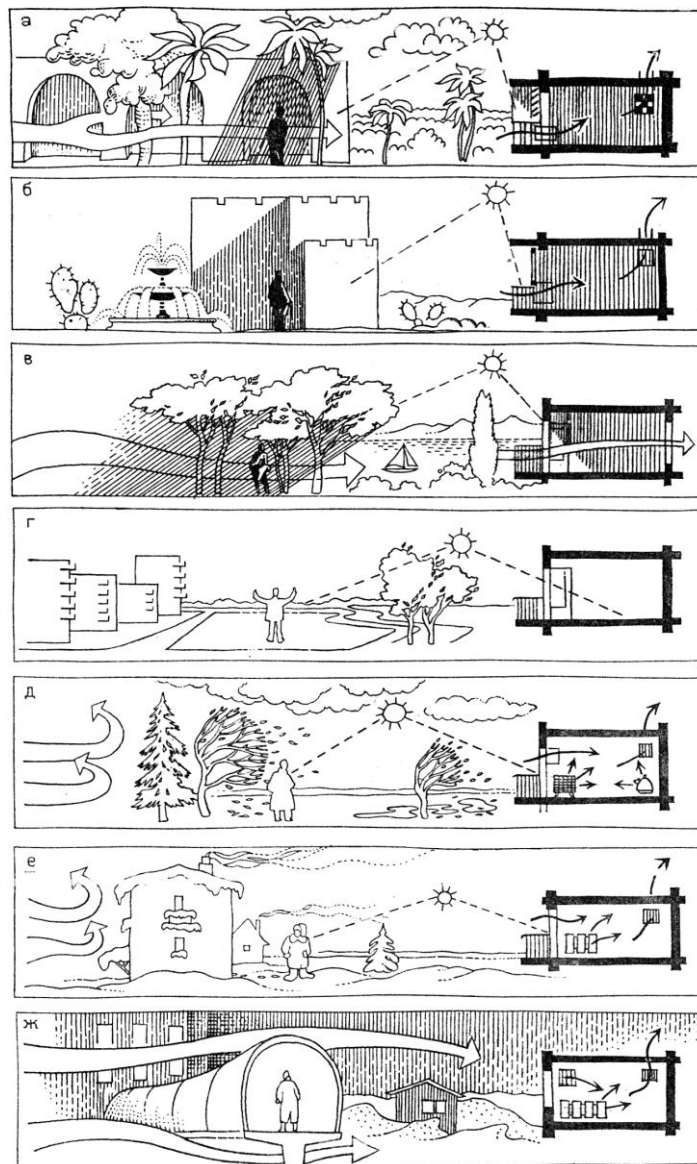


Рис.3.12. Режимы эксплуатации жилища при семи типах погоды:
а– жаркая, б– сухая жаркая, в– теплая, г– комфортная, д- прохладная,
е- холодная , ж- суровая

Данные табл. 3.6 позволяют оценить тип погоды в конкретном географическом пункте на основе сравнения значений климатических факторов в этом пункте в любой момент времени на протяжении года с аналогичными факторами таблицы. В итоге можно получить запись типов погоды для географического пункта ежемесячно, а также в разное время суток.

Таблица 3.6

**Характеристика типов погоды и соответствующие им
режимы эксплуатации жилища**

Характеристика погоды				Режим эксплуатации жилища
Тип	Среднемесяч- ная температура воздуха, °С	Среднеме- сячная относи- тельная влажность воздуха, %	Средне- месячная скорость ветра, м/с	
1	2	3	4	5
1.Жаркая (сильный перегрев при нормальной и высокой влажности)	40 и выше 32 и выше 25 и выше	24 и менее 25-49 50 и более	— — —	Изолированный. Характерны затенение, аэрация ,компактное объемно-планировочное решение зданий, полное кондиционирование воздуха, побудительная вытяжная вентиляция, воздухонепроницаемость и теплозащита ограждений
2.Сухая жаркая (сильный перегрев при низкой влажности)	32-39,9	24 и менее	—	Закрытый. Характерны затенение, защита от пыльных ветров, искусственное охлаждение помещений без снижения влагосодержания, воздухонепроницаемость, теплозащита ограждений
3.Теплая (перегрев)	24-27,9 20-24,9 24-31,9 28-31,9	50-74 75 и более 24 и менее 25-49	— — — —	Полуоткрытый. Характерны затенение и аэрация, сквозное (угловое, вертикальное) проветривание квартир, лоджии и веранды, механические вентиляторы-фены, трансформация ограждений
4.Комфортная (тепловой комфорт)	12-23,9 12-23,9 12-27,9 12-19,9	24 и менее 50-74 25-49 75 и более	— — — —	Открытый. Климатозащитной функции архитектуры не требуется; типичны лоджии, веранды
5.Прохладная	4-11,9	—	0 и более	Полуоткрытый. Защита от ветра, ориентация на солнце, отопление малой мощности, трансформация и необходимая воздухонепроницаемость ограждений
6.Холодная (охлаждение)	-35,9 — +4 -27,9 — +4 -19,9 — +4 -11,9 — +4	— — — —	1,9 и ниже 2-4,9 5-9,9 10 и более	Закрытый. Защита от ветра, ориентация на солнце, компактное объемно-планировочное решение, закрытые лестницы, шкафы для верхней одежды, центральное отопление средней мощности, вытяжная канальная вентиляция, воздухонепроницаемость и теплозащита ограждений

1	2	3	4	5
7.Суровая (сильное охлаждение)	–36 и ниже –28 и ниже –20 и ниже –12 и ниже	– – – –	1,9 и менее 2-4,9 5-9,9 10 и более	Изолированный. Желательны переходы между жилищем и сетью первичного обслуживания, максимальная компактность зданий, отопление большой мощности, искусственная приточная вентиляция с обогревом и увлажнением воздуха, высокие воздухонепроницаемость и теплозащита зданий, двойной тамбур, шкафы для верхней одежды.

В качестве примера в табл. 3.7 приведены данные по типам погоды в некоторых городах за день (Д) и за ночь (Н) в течение 12 месяцев. В последних столбцах таблицы приведена лаконичная запись (формула) погодного комплекса, которая выражает климатотипологическую сущность жилища. Из записи погодного комплекса становится очевидна защита человека от суровой и холодной погоды на Диксоне, холодной – в Москве, жаркой – в Ашхабаде [2].

Таблица 3.7

Запись типов погоды за день и ночь по 12 месяцам года для условий Диксона, Москвы и Ашхабада

Место	Время суток	Месяц												Запись погодного комплекса (формула)	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	полная	сокращенная
Диксон	Н	с	с	с	с	х	х	х	х	х	х	с	с	10с12х2п	5с6х1п
	Д	с	с	с	х	х	х	п	п	х	х	х	с		
Москва	Н	х	х	х	х	п	п	к	п	п	х	х	х	12х6п6к	6х3п3к
	Д	х	х	х	п	к	к	к	к	к	п	х	х		
Ашхабад	Н	х	х	п	п	к	к	к	к	к	п	х	х	4х6п9к2т3з	2х3п4,5к1т1,5з
	Д	п	п	к	к	т	з	з	з	т	к	к	п		

При отсутствии данных по климатическим факторам для какого-либо географического пункта за день и за ночь, можно воспользоваться данными СНиП по строительной климатологии и получить формулу погодного комплекса с высоким уровнем обеспеченности.

В табл. 3.8 приведен пример расчета формулы погодного комплекса, преобладающего типа погоды и режима эксплуатации жилища для условий Казани по данным СНиП «Строительная климатология».

Таблица 3.8

**Расчет формулы погодного комплекса, преобладающего типа погоды
и режима эксплуатации жилища для условий Казани
по данным СНиП «Строительная климатология»**

Климатические факторы	месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднемесячная температура воздуха, °С	-13,5	-12,9	-7,0	3,3	12,1	16,9	19,0	17,1	10,7	3,2	-4,7	-11,0
Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	84	81	80	73	62	62	68	71	75	81	84	85
Скорость ветра: – средняя за период со ср. сут. тем-рой $\leq 8^{\circ}\text{C}$ – минимальная из ср. скоростей за июль	4,3 —	4,3 —	4,3 —	4,3 —	— 3,8	— 3,8	— 3,8	— 3,8	— 3,8	4,3 —	4,3 —	4,3 —
Тип погоды	х	х	х	х	к	к	к	к	п	х	х	х
Формула погодного комплекса	7х1п4к, преобладающая погода – холодная (х)											
Режим эксплуатации жилища (по табл. 3.6)	закрытый											

В табл. 3.8 использованы данные о климатических факторах по СНиП 23-01-99*. Данные о температуре и относительной влажности воздуха в этом нормативном документе достаточно полные. Данные о скорости ветра носят ограниченный характер, в связи с чем скорость ветра за июль распространена на все летние месяцы, а за январь – на все зимние.

Установление преобладающего типа погоды позволяет перейти к обоснованию категорий архитектурной композиции в проектируемых зданиях, то есть к выбору архитектурного пространства, массы, пластики объема и поверхности. Так для теплой и комфортной погоды типичны открытый характер архитектурных пространств (свободная застройка микрорайонов, планировка внутренних помещений, раскрытие во внешнюю среду), расчлененная масса здания (дворики, курдонеры, разделение на блоки), расчлененная пластика поверхности (лоджии, балконы, террасы, навесы). Для суровой, холодной и жаркой погоды типичны замкнутый характер архитектурных пространств (плотная, ячеистая, периметральная застройка кварталов, закрытые связи-галереи между зданиями, односторонняя планировка квартир), нерасчлененная масса здания (компактная планировка, простая конфигурация, объемы близкие к кубу, шару, внутренние закрытые атриумы), нерасчлененная

пластика поверхности (небольшие окна, преобладание гладких поверхностей стен, отсутствие лоджий).

* * *

Обзор и анализ работ по климатическому районированию раскрывает последовательность разработки теории климатической типологии. Это деление территории страны на три зоны (северную, умеренного климата и южную), где климатические факторы определены лишь на качественном уровне, через карту и таблицу климатического районирования для строительства, где климатические факторы определены численными значениями показателей по районам и подрайонам и наконец климатическое районирование для типизации жилища, где типы погод определены численными значениями климатических факторов и основаны на теплоощущениях человека. Последние разработки дали возможность сформулировать режимы эксплуатации жилища и архитектурные средства преобразования среды. Таким образом, получены необходимые типологические средства учета климата в архитектурном проектировании.

РАЗДЕЛ IV

КЛИМАТОЛОГИЯ ГОРОДА

4.1 Основные отличия климата города от климата окружающей местности

Климат местности (с некоторыми допущениями – климат сельского поселения) представляет собой климатическую характеристику местности, описанную через значения климатических факторов, взятых из Справочников по климату СССР, СНиПов по строительной климатологии и геофизике разных лет изданий, из Пособия к СНиП по климатологии или из данных местных метеостанций.

Климат города основан на климатической характеристике местности, которая изменена влиянием городской застройки. Город (особенно крупный) является климатообразующим фактором, и сам формирует свой климат за счет застройки, наличия промышленных предприятий, большой массы каменных зданий и территорий с твердым покрытием под магистралями, площадями и пешеходными дорожками. Выбросы промышленных предприятий вызывают загрязнение воздушной среды различными газами, пылью и аэрозолями, что в свою очередь снижает прозрачность атмосферы, приход солнечной радиации и освещенность. Увеличение плотности застройки снижает циркуляцию атмосферы, усиливает застойные явления, снижает инсоляцию помещений и территорий.

Большая масса каменных строений и площадей с твердым покрытием поглощает солнечную радиацию, нагревается, изменяет радиационный фон города и увеличивает температурные воздействия на человека. Температура воздуха в городе всегда выше, чем за городом: зимой за счет потери тепла зданиями, летом – за счет нагрева большой массы стен зданий, покрытий дорог и тротуаров теплом солнечной радиации.

Перегретый воздух центральных районов города стремится вверх, в центре города возникает низкое атмосферное давление, которое заполняется воздухом с окраин. Так возникают «городские бризы». Это явление весьма положительное, так как в центр города вовлекается более чистый воздух с окраин и пригородов. Однако, если на окраине города есть предприятие с вредными выбросами в атмосферу, то эффект будет обратным. Так называемые «местные ветры» могут возникать также вблизи водоемов, парков и даже на магистралях между нагретыми и не нагретыми сторонами улиц.

Твердые покрытия городских территорий не впитывают дождевые воды, вследствие чего увеличивается сток с городских территорий, что

предопределяет требования к ливневой канализации и расчетным характеристикам дождя.

В воздушном бассейне крупных городов содержится большое количество продуктов горения и городской пыли, частички которых являются ядрами конденсации водяных паров, находящихся в воздухе. Это вызывает короткие интенсивные ливни. В пригородах и близко расположенной сельской местности выпадение осадков в это время не наблюдается, следовательно, городские ливни не находят отражение в общеклиматических справочниках.

Ветровые потоки, приходящие к городу, в городской застройке изменяют скорость и направление в зависимости от характера застройки и ориентации улиц. В приземном слое эти явления сопровождаются уплотнением потоков ветра, образованием и срывом вихрей, что приводит к дискомфорту в пешеходных зонах, а в зимнее время – к снегозаносам.

4.2 Тепловой комфорт городской среды

Комфортные условия для человека определяются закономерностями его теплообмена с окружающей средой. В условиях городской застройки закономерности теплообмена определяются как параметрами климата, так и параметрами застройки зданий, сооружений, асфальтобетонных покрытий площадей, дорог и тротуаров, зеленых насаждений.

В помещениях зданий, где микроклимат внутренней среды относительно постоянный, человек отдает тепло:

- конвекцией и кондукцией – 15-33 %
- радиацией (излучением) – 45-60 %
- испарением – 20-30 %.

В городской среде параметры микроклимата изменяются в течение года в очень широких пределах, и вклад каждого из путей в процессы теплообмена человека с окружающей средой не так очевиден. Более того, если в помещениях одежда человека в теплозащитном смысле относительно постоянна в течение года, то в городской среде (на улице под открытым небом) теплозащитные свойства одежды значительно изменяются по сезонам.

Известно большое число работ и нормативных документов по микроклимату и комфорту внутренней среды помещений, в то время, как формирование комфортных условий в городской среде изучено недостаточно [17,36].

На рис. 4.1 приведена схема теплообмена человека с окружающей средой в городской застройке.

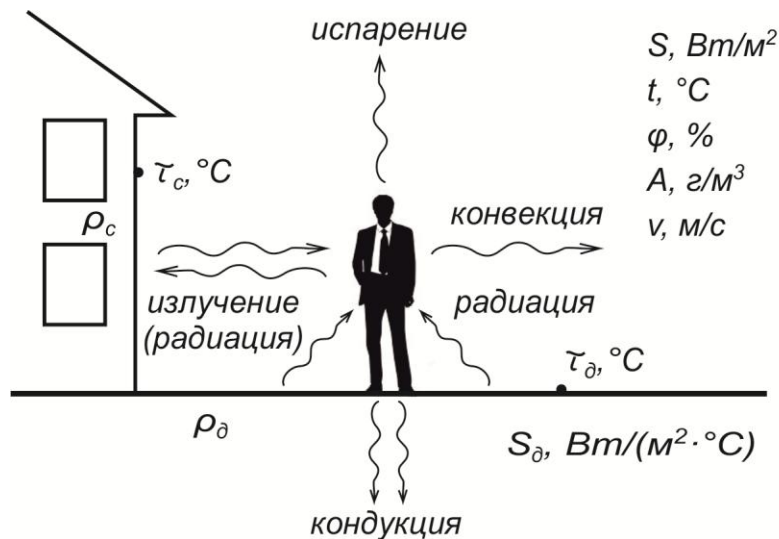


Рис. 4.1. Схема теплообмена человека в городской застройке

На схеме (рис. 4.1.) показаны основные параметры, определяющие теплоощущения человека в городской среде. Это параметры климата: S – интенсивность солнечной радиации (Вт/м^2); t – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); φ и A – относительная (в $\%$) и абсолютная (г/м^3) влажность воздуха; v – скорость ветра в застройке (м/с) и параметры застройки: свойства стен зданий и дорожных покрытий (коэффициенты поглощения солнечной радиации материалами – ρ_i (доли единицы) и коэффициенты теплоусвоения материалов – S_i , $\text{Вт/ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C)}$), а также температуры поверхностей стен и дорожных покрытий – τ_c и τ_d ($^{\circ}\text{C}$).

В зимний период тепловой поток, в силу низкой температуры воздуха и окружающих человека каменных поверхностей, направлен от человека. В летнее время – за счет перегрева окружающих человека каменных поверхностей теплом солнечной радиации – к человеку.

Во всех случаях в процессе теплообмена человека со средой участвуют все четыре механизма теплообмена, однако в зависимости от условий какой – либо механизм может оказаться определяющим.

Рассмотрим основные механизмы теплообмена человека с окружающей средой.

Конвекция – это передача тепла воздуху за счет разности температур от тела человека, поэтому температура воздуха является основным фактором среды.

Кондукция – это передача тепла при контакте двух тел, имеющих разную температуру. Чаще всего человек ощущает это при нахождении на «теплом» или «холодном» полу. В зависимости от температуры пола или температуры тротуарных покрытий в городе изменяется комфортная продолжительность пребывания человека на этом полу или покрытии,

рис.4.2 [3]. Таким образом, температура пешеходных поверхностей является очередным фактором городской среды.

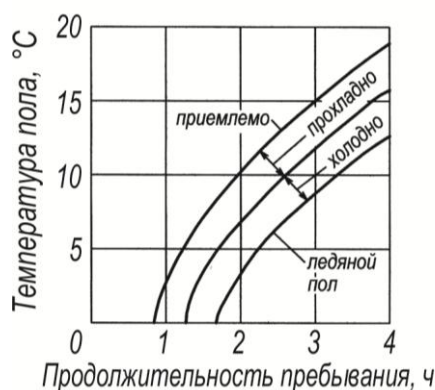


Рис.4.2. Продолжительность комфортного пребывания на полу в зависимости от температуры пола

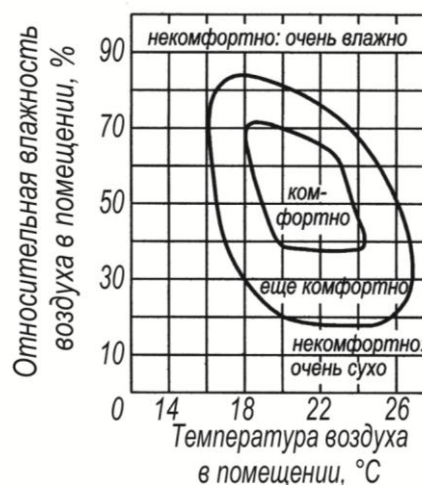


Рис.4.3. Комфортные сочетания температуры и относительной влажности воздуха

Излучение или радиация – это лучистая передача тепла от более нагретого тела – менее нагретому. То есть, температура поверхностей зданий, пешеходных и дорожных покрытий, также является фактором городской среды, который формирует микроклимат этой среды. В свою очередь температура поверхностей зданий, пешеходных и дорожных покрытий определяется температурой воздуха, но зависит также от скорости ветра и солнечной радиации (см. формулу Шкловера А.М. ,2.6). Таким образом, в процессах теплообмена человека с окружающей средой посредством излучения или радиации участвуют три климатических фактора: температура воздуха, скорость ветра, солнечная радиация.

Испарение –это процесс отдачи тепла человеком за счет испарения влаги с поверхности кожи и при дыхании (скрытая форма теплоотдачи). Интенсивность испарения зависит от сочетания температуры воздуха и его влажности. При высокой температуре и сухом воздухе испарение влаги протекает спокойно и человек чувствует себя комфортно. При увеличении влажности воздуха потоотделение затрудняется, возникает ощущение духоты. По этой причине влажность воздуха входит в факторы городской среды, формирующие микроклимат. Однако, следует иметь в виду, что не столько величина влажности влияет на комфортность среды, сколько сочетание температуры и влажности воздуха (рис. 4.3).

При конвективном теплообмене и испарении большую роль играет подвижность воздуха. Низкая подвижность воздуха (слабый ветер или штиль) затормаживает сосудистые реакции организма и затрудняет теплообмен человека с окружающей средой. Высокая подвижность (средний и сильный ветер) способствует переохлаждению, возникает эффект «сквозняков». Таким образом, скорость ветра также является

значимым климатическим фактором, который формирует комфортную городскую среду.

В качестве примера приводим табл. 4.1 [28], где показано влияние скорости ветра на процессы теплообмена радиацией и конвекцией при температуре воздуха + 25⁰С.

Таблица 4.1

Теплоотдача радиацией и конвекцией при различных скоростях ветра

Скорость движения воздуха, м/с	Теплоотдача, %	
	радиацией	конвекцией
0,09	52	48
0,25	39	61
0,49	31	69
0,81	26	74
1,21	23	77
2,25	18	82

Можно видеть, что при увеличении скорости ветра резко возрастает теплообмен конвекцией, и снижается доля радиационного обмена.

Анализ теплоощущений человека при изменчивости основных климатических факторов показал, что каждый из трех климатических факторов (температура воздуха, его влажность и скорость ветра) по-разному влияет на потерю тепла человеком. Однако, при определенных их комбинациях человек испытывает одинаковое тепловое ощущение. Это позволило медицинской науке создать специальное направление, изучающее эквивалентно-эффективные температуры (ЭЭТ) человека.

На рис. 4.4 приведена номограмма для расчета эквивалентно-эффективных температур для одетого по сезону человека [29].

Вертикальные температурные шкалы представляют собой температуру воздуха по сухому термометру (левая) и по смоченному (правая). Наклонные линии соответствуют скорости ветра на высоте 2 м и эквивалентно-эффективной температуре (ЭЭТ). На наклонных линиях выделена зона комфорта, правее от этой зоны идет перегрев, левее – охлаждение.

Пользование номограммой рис. 4.4 сводится к следующему алгоритму. 1). Аспирационным психрометром измеряются температуры по сухому и смоченному термометру. 2). Найденные значения откладываются на вертикальных температурных шкалах номограммы и соединяются прямой линией. 3). На наклонной шкале ветра находят пересечение этой прямой с измеренной скоростью ветра. Эта точка соответствует значению ЭЭТ, которое считывают с нижней наклонной шкалы ЭЭТ. Чем дальше

будет отстоять значение ЭЭТ от зоны комфорта, тем резче будут выражены зоны дискомфорта.

На номограмме рис. 4.4 показан пример определения ЭЭТ. Температура сухого термометра 25°C и смоченного 20°C соединены прямой. При скорости ветра $2,0\text{ м/с}$ ЭЭТ будет равна 20°C .

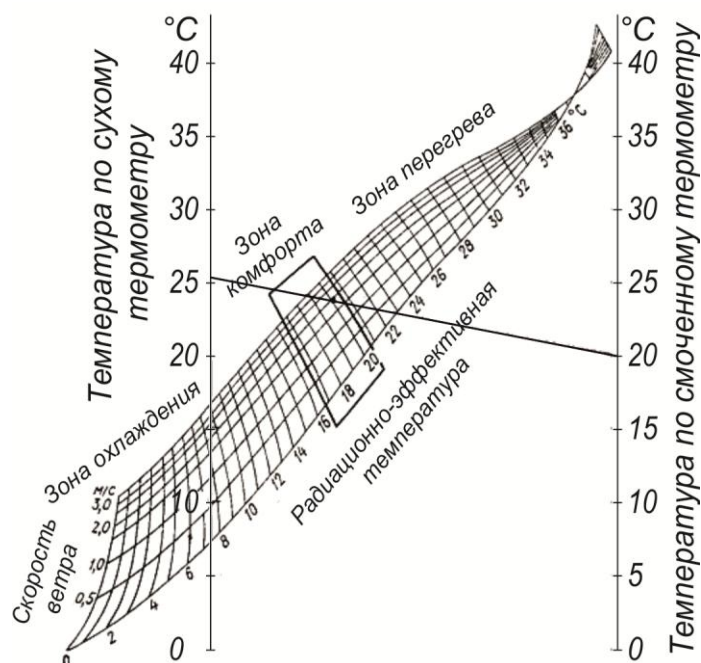


Рис.4.4. Номограмма для расчета ЭЭТ человека, одетого по сезону

Номограмма для определения ЭЭТ была создана В.А. Яковенко еще в 1927 году и успешно использовалась в медицинской практике долгие годы. Однако, в условиях города солнечная радиация проявляется весьма активно, в то время, как номограмма рис. 4.4 не учитывает влияние радиационных условий на тепловое ощущение человека.

При действии солнечной радиации значительно возрастает тепловая нагрузка на человека, особенно в южных регионах, где возрастает не только прямая и рассеянная радиация, но также отраженная радиация земли и соседних зданий. По данным [29] увеличение отраженной радиации может достигать 25%.

Влияние солнечной радиации в сочетании с эквивалентно-эффективными температурами можно количественно оценить с помощью так называемых радиационно-эквивалентных эффективных температур (РЭЭТ или РЭТ). Для определения РЭЭТ требуется значение эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ) и величина поглощенной солнечной радиации поверхностью одетого человека.

Номограмма для определения радиационно-эффективной температуры (РЭТ) приведена на рис. 4.5. Наклонные линии на рисунке представляют собой изолинии поглощенной радиации. Можно видеть, что

без солнечной радиации ЭЭТ равна РЭТ, так как наклонная линия с нулевым поглощением солнечной радиации расположена под углом 45° . Из рис. 4.5 можно видеть также, что с ростом поглощенной радиации РЭТ может возрасти в несколько раз по сравнению с ЭЭТ. (Так, при ЭЭТ, равной 20°C РЭТ может составить 38°C , а при ЭЭТ, равной 10°C , РЭТ может увеличиться до 32°C).

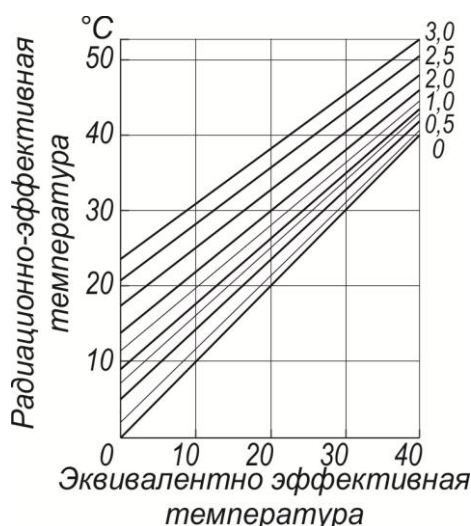


Рис.4.5. Номограмма для определения радиационно-эффективных температур человека

Таким образом, радиационный фон в городе и повышение температуры воздуха могут вызывать значительный дискомфорт для человека.

Существенную роль при этом играет характеристика деятельной поверхности^{*)}: вид материалов, их коэффициент поглощения солнечной радиации, уклон и ориентация деятельной поверхности, наличие газонов, озеленения, водоемов.

В качестве примера влияния деятельной поверхности на температурный режим приводим данные, полученные Шакуровым И.С. [39] для городов Средней Азии, табл. 4.2, при температуре воздуха 33°C . Из таблицы 4.2 можно видеть, что при действии солнечной радиации средние температуры покрытий достаточно высоки, в соответствии с этим примыкающий к ним воздух также прогревается, постепенно понижаясь к уровню 0,5 м (уровень дыхания ребенка) и 1,5 м (уровень дыхания взрослого человека). Из таблицы 4.2 видно также, что газонное покрытие нагревается меньше остальных. Газон также снижает температуру бетонных плит в случае укладки их по газону или оставления газона в

^{*)} Термин «деятельная поверхность» относится к любым поверхностям, окружающим человека в городской среде (ограждения зданий, дорожные и тротуарные покрытия, газоны, скверы, водоемы и т.п.).

швах между плитами. Наибольшие температуры покрытий отмечаются по асфальтобетону (81⁰С).

Таблица 4.2

Температура деятельной поверхности и воздуха при некотором удалении от поверхности

№ п/п	Вид покрытия деятельной поверхности	Температура, ⁰ С		
		на поверхности	на высоте от поверхности	
			0,5 м	1,5 м
1	Газон	48	45	41
2	Грунтовое покрытие	70	65	47
3	Бетонные плитки из белого портландцемента	69	60	46,6
4	Бетонные плитки при сплошном замощении	62	57	45,3
5	Бетонные плитки при замощении с газоном в швах	67	59	44,8
6	Бетонные плиты, уложенные по газону	60	56,8	43,8
7	Покрытие из естественного камня с газоном в швах	59	54,6	42,6
8	Щебень	74	62,8	40,8
9	Галька речная окатанная	79	66	52,6
10	Асфальтобетон	81	67	54

Для снижения летних радиационных температур в городской застройке, следует увеличивать озеленение городских территорий, площади газонов вблизи жилых зданий и уменьшать площади сплошных каменных покрытий. Вертикальное озеленение стен зданий также будет способствовать повышению температурного комфорта в застройке.

4.3 Ветровой режим городских территорий

Создание в городской застройке комфортного ветрового режима представляет собой достаточно сложную задачу, причем с противоположным решением для летних и зимних условий. Летом для усиления проветривания и конвективного теплообмена желательна повышенная скорость ветра, а зимой – для снижения охлаждающего действия ветра – пониженная. Поскольку здания, сооружения и зеленые посадки в городе носят стационарный характер и не могут перемещаться с целью видоизменения ветрового режима по сезонам, то действенным средством регулирования ветрового режима в городе остается

рациональная планировка и застройка микрорайонов, выполненная на основе анализа годового хода направления и скорости ветра.

Полное отсутствие ветра, то есть штиль, не является положительным фактором, так как приводит к застою воздуха и увеличению загрязнения городской среды.

На карте-схеме территории страны рис. 4.6 приведены районы со скоростями ветра от 0 до 1 м/с. Можно видеть, что «минимально-штилевые» скорости ветра для разных районов страны имеют повторение от 20% (I район) до 60-70% (IV район). Это означает, что на указанных территориях от 20 до 70% времени года состояние ветрового режима близко к штилю, и городские территории не проветриваются.

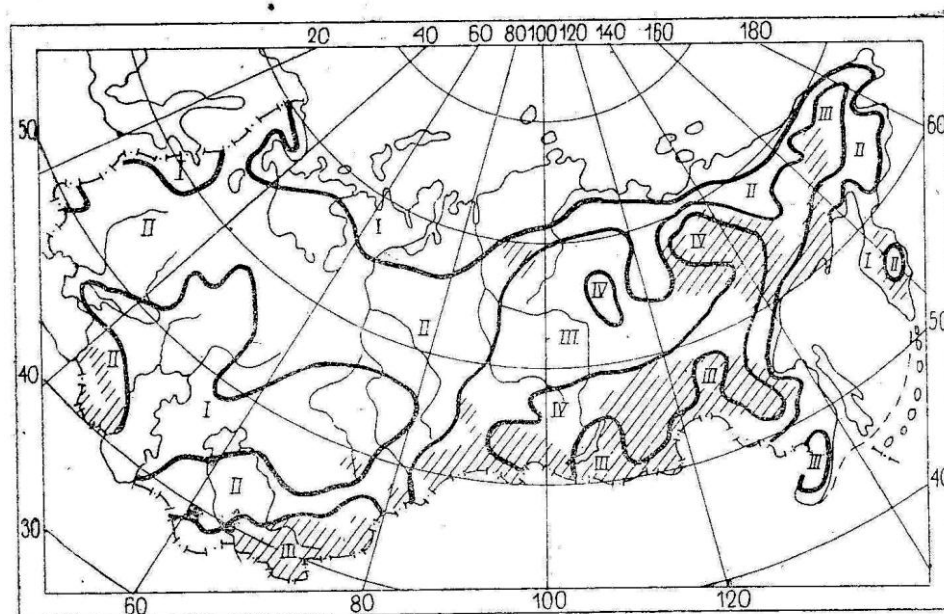


Рис.4.6. Карта-схема районов с повторяемостью скорости ветра от 0 до 1 м/с. I – повторяемость 20%; II – 20-40%; III – 41-59%; IV – 60-70%

Понятие «ветровой комфорт городских территорий» следует относить не ко всему городу, а к тем городским территориям, где ветер воздействует непосредственно на человека. К этим территориям относятся, как правило, пешеходные зоны, зоны отдыха, детские и школьные площадки и другие аналогичные зоны. То есть, речь идет о ветровом режиме, который складывается в приземном слое на высоте 1,5 – 2,0 м от поверхности земли (на высоте человека).

Гигиеническими исследованиями в различных климатических районах установлены комфортные теплоощущения человека при различных температурах воздуха и скоростях ветра.

Комфортными скоростями ветра следует считать [27]:

- для северных районов с температурой воздуха от -15 до -30°C – комфортная скорость ветра будет в пределах от 0,5 до 2,0 м/с;
- для средней полосы с температурой воздуха от $+10$ до -15°C – комфортная скорость ветра будет в пределах от 0,6 до 2,5 м/с.

– для южной полосы с температурой воздуха от +10 до +25⁰С – комфортная скорость ветра будет в пределах от 1,0 до 3,0 м/с.

Эти границы температур наружного воздуха и скорости ветра являются в значительной степени условными. Из табл. 2.14 следует, что граничной скоростью ветра по воздействию на человека является 3,3 м/с (Движение воздуха ощущается лицом). Скорость ветра 3,4 м/с и выше определяет начало дискомфорта – «Ветер треплет волосы, развеивает одежду». К сожалению, в табл. 2.14 (Шкала Бофорта) не учтен температурный режим воздуха, в связи с чем рекомендации [27] можно использовать до появления более обоснованных данных.

При скоростях ветра ниже нижнего предела, в застройке будут формироваться застойные явления и градостроительными средствами требуется усиливать проветривание микрорайонов за счет уплотнения ветровых потоков застройкой и увеличения вследствие этого их скорости.

При скоростях ветра выше верхнего предела в застройке возникает дискомфорт и переохлаждение (особенно в зимнее время) и градостроительными средствами требуется обеспечивать защиту микрорайонов от ветра путем снижения скоростей ветра застройкой или полосами зеленых насаждений. Высокие и протяженные здания или плотные полосы зеленых насаждений, расположенные на пути преобладающих ветров, будут создавать, так называемые, «ветровые тени», то есть территории с пониженными скоростями ветра.

Защита застройки от ветра или усиление проветривания микрорайонов, в некотором смысле, противоречат друг другу, однако все определяется соотношением направлений сезонных, а точнее – летних и зимних ветров. Если эти направления совпадают – задача неразрешима в принципе. Проведенный анализ показал, что для подавляющего большинства географических пунктов летнее и зимнее направления преобладающих ветров не совпадают, и это облегчает задачу. Это позволяет на пути зимних ветров размещать специальные ветрозащитные здания или полосы зеленых насаждений, а на пути летних ветров так организовывать застройку, чтобы вызывать сложение потоков и увеличение скорости ветра.

В работе [53] приведены первые отечественные рекомендации по планировочным схемам застройки групп зданий, и предложена количественная оценка ветрового режима в застройке через коэффициент продуваемости (К), который численно равен отношению средней скорости ветра на территории застройки к скорости невозмущенного ветрового потока. Первая группа планировочных схем предназначена для географических районов с равномерной повторяемостью ветра по направлениям (табл. 4.3). Вторая группа – для районов с преобладающим направлением ветра, по одному из румбов (табл. 4.4).

Таблица 4.3

Планировочные схемы и коэффициенты продуваемости для районов с равномерной повторяемостью ветра по направлениям

Тип застройки	Подтип	Схема	K
Строчная	A		0,45
	Б		0,38
Ленточная	A		0,38
	Б		0,35
Взаимно перпендикулярная	A		0,71
	Б		0,42

Таблица 4.4

Планировочные схемы и коэффициенты продуваемости для районов с преобладающим направлением ветра по одному из румбов

Тип застройки	Подтип	Направление ветра	Схема	K
Строчная	A	→		1,5
	A	→		0,3
	Б	→		1,8
	Б	→		0,6
	B	→		1,7
	B	→		0,6
	Г	→		1,45
	Г	→		0,55
Дворовая	A	→		1,3
	Б	→		0,3

Данные табл. 4.3 и 4.4 дают некоторое представление о возможности той или иной планировочной схемы по снижению скорости ветра или ее усилению. Если $K < 1,0$, то застройка выполняет функцию защиты от ветра, если $K > 1,0$, то эта планировочная схема усиливает проветривание.

4.3.1 Защита городских территорий от ветра

Эта защита сводится к созданию преграды на пути зимних ветров. Такими преградами могут быть отдельные здания необходимой высоты и протяженности, а в отдельных случаях – зеленые посадки и лесные массивы.

Градостроительным параметром ветрозащиты является протяженность «ветровой тени» за зданием и площадь территории за ветрозащитным зданием, в которой скорости ветра в пешеходных зонах не превышают гигиенических нормативов комфорта. Некоторые примеры по глубинам ветровой тени за зданием в зависимости от высоты и протяженности здания приведены на рис. 4.7 [27].

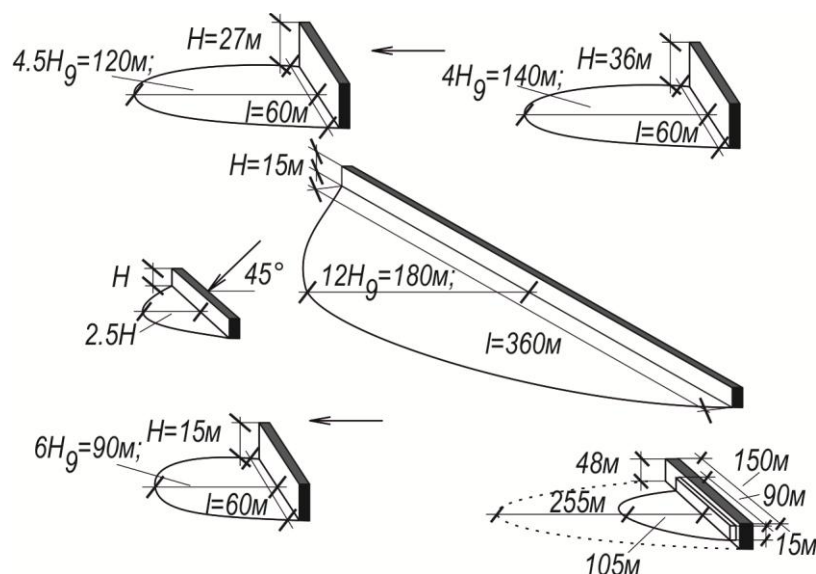


Рис.4.7. Размеры зон ветровой тени в зависимости от высоты и протяженности зданий H_5 , H_9 , H_{12} – высота пяти-, девяти- и двенадцатиэтажных зданий, ℓ – протяженность зданий

Размер ветровой тени будет изменяться не только с изменением высоты (H) и протяженности (L) здания, но также с изменением ширины здания (D) (рис.4.8) и угла между направлением ветра и плоскостью фасада, рис.4.9 [22].

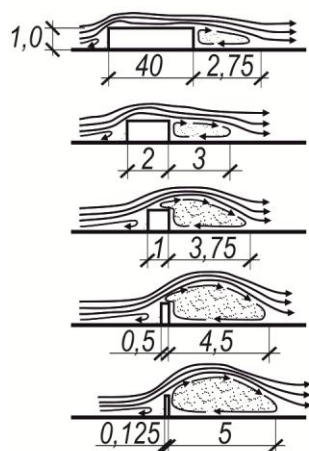


Рис.4.8. Зависимость протяженности ветровой тени от ширины здания

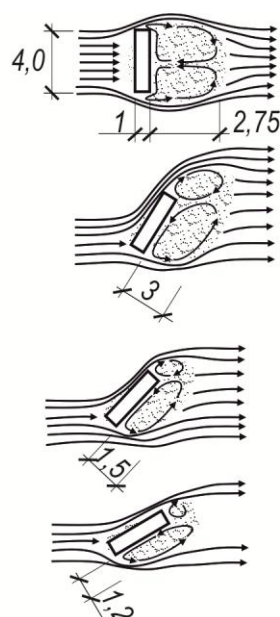


Рис.4.9. Зависимость площади ветровой тени от угла между направлением ветра и плоскостью

На рис. 4.7–4.9 представлены ориентировочные данные по протяженности ветровой тени. Более точные расчеты протяженности и площади ветровой тени в зависимости от параметров здания можно выполнить, используя методы, описанные в «Руководстве по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки» [27].

Для этих целей используют графики, приведенные на рис. 4.10, графики построены для направления ветра под углом 90° к фасаду.

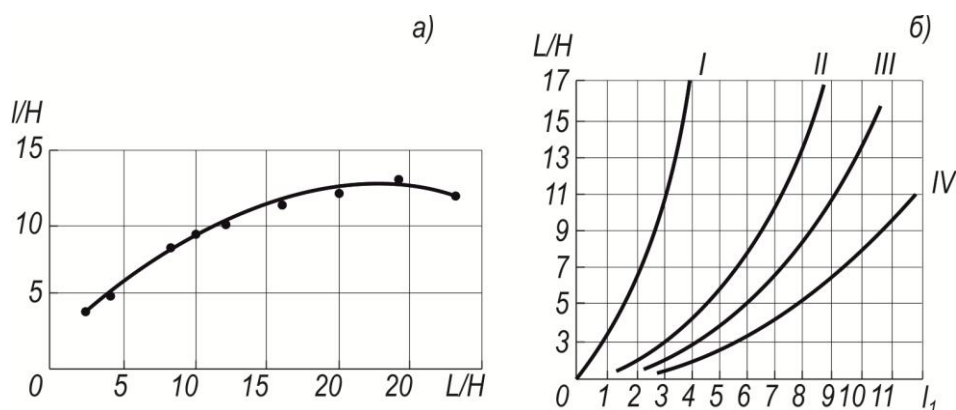


Рис.4.10. Зависимость протяженности ветровой тени, выраженной в высотах здания (l/H) от отношения протяженности здания (L) к его высоте (H) – L/H : а) для оптимальных скоростей ветра; б) для скоростей ветра, сниженных на 70% (I), на 60% (II), на 50% (III) и на 40% (IV)

По графикам рис. 4.10 можно определить протяженность ветровой тени за зданием, на которой сохраняются оптимальные скорости ветра (а),

и определить расстояния от здания в области ветровой тени, при которых скорость ветра снижается на 70, 60, 50 или 40 % (б).

Так, например, при отношении протяженности здания (L) к его высоте (H), равным 20, по графику рис. 4.10,а) определяем, что протяженность ветровой тени составит $12,5 \ell/H$ или 12,5 высот здания. Если $L/H=5$, то по графику рис. 4.10,б) находим, что скорость ветра в зоне ветровой тени снизится на 70% на расстоянии $1,5 \ell/H$, то есть 1,5 высоты здания, на 60% – на расстоянии $4,5 H$, на 50% – на расстоянии $6H$ и на 40% – на расстоянии $8H$.

Расчет глубины зоны оптимальных скоростей ветра в ветровой тени (ℓ) в зависимости от протяженности (L) и высоты здания (H) может быть выполнен по формуле:

$$\ell = H\sqrt{8L/H} \quad (4.1)$$

Эта формула правомерна при отношении L/H от 1 до 24.

Детские и школьные учреждения, площадки и зоны отдыха желательно размещать в зонах ветровой тени. Для этих целей требуется определять площади ветрового затенения (S). Руководство[27] рекомендует для этих целей использовать формулу:

$$S=0,8 \cdot L \cdot \ell. \quad (4.2)$$

Например, для здания протяженностью $L=60$ м и высотой $H = 36$ м (12 этажей) протяженность ветровой тени ℓ составит:

$$\ell = 36\sqrt{8 \cdot 60/36} = 36 \cdot 3,64 = 131 \text{ м},$$

а размер площади (S) с оптимальными скоростями ветра составит:

$$S=0,8 \cdot 60 \cdot 131=6288 \text{ м}^2 \text{ или } 0,63 \text{ га}.$$

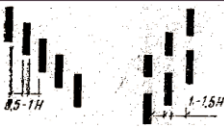
Защита территории микрорайонов от сильных ветров путем строительства протяженных и высоких зданий является очень действительной мерой создания ветрового комфорта, однако, этот прием не везде может быть использован с точки зрения градостроительного планирования.

Эффект ветрозащиты может быть достигнут также специальной планировкой микрорайонов, когда группа зданий с определенным приемом застройки снижает скорость ветра. В зависимости от приема застройки, скорость ветра может быть снижена на 50 и даже 90%, то есть коэффициент продуваемости территории K будет в пределах 0,1-0,5.

В табл. 4.5 приведены варианты группировки жилых зданий различной конфигурации с целью ветрозащиты территорий [27].

Таблица 4.5

Варианты группировки жилых зданий различной конфигурации с целью ветрозащиты территории

 Направление ветра к застройке	
Приемы застройки	Коэффициенты скорости ветра
	0,4 – 0,5
	0,35 – 0,45
	0,35 – 0,5
	0,3 – 0,4
	0,25 – 0,35
	0,2 – 0,3
	0,2 – 0,5
	1,0 – 0,4

В табл. 4.5 показано направление ветра в застройке. Это направление должно совпадать с направлением господствующих ветров в зимний период. Например, для Казани, в соответствии с табл. 4.7 и рис.4.11, это Ю и ЮВ ветры.

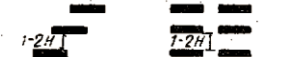
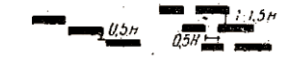
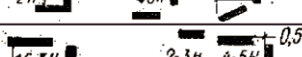
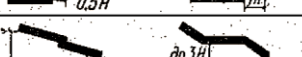
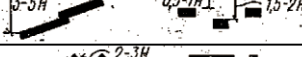
4.3.2 Усиление проветривания в застройке

В летний период при малых скоростях ветра и штиле в городской застройке возникает застой воздуха, усиливается его загрязнение. В этих случаях градостроительными средствами и особыми приемами застройки создаются условия увеличения скорости ветра и усиления проветривания микрорайонов. Группы зданий располагаются особым образом к господствующим ветрам летнего периода, что приводит к уплотнению воздушных потоков и усилению проветривания.

В известной литературе и в «Руководстве» [27] отсутствуют какие-либо расчетные методы по усилению проветривания микрорайонов при малых скоростях ветра. Для практического проектирования можно использовать рекомендации [27] по приемам застройки микрорайонов с целью усиления проветривания территорий, табл. 4.6.

Таблица 4.6

Варианты группировки жилых зданий различной конфигурации с целью усиления проветривания территории

 <i>Направление ветра к застройке</i>	
<i>Приемы застройки</i>	<i>Коэффициенты скорости ветра</i>
	0,9–1,2
	0,75–0,95
	0,7–0,9
	0,6–0,8
	0,5–0,75
	0,45–0,65
	0,4–0,7
	0,4–0,5
	0,3–0,5

Для усиления проветривания территорий, группы зданий по примерам застройки из табл. 4.6, должны располагаться по господствующему направлению летних ветров. Например, для Казани в соответствии с табл. 4.7 и рис. 4.11– это СЗ ветры с некоторым участием С и З ветров.

К сожалению, эти рекомендации не привязаны к комфортным скоростям ветра в микрорайоне, тем более к скоростям ветра в пешеходных зонах.

Определение действительных скоростей ветра в существующей застройке или прогнозирование скоростей ветра в проектируемой застройке должно начинаться с установления статистических параметров ветрового режима в данном географическом пункте.

4.3.3 Статистика ветрового режима города

Для конкретного географического пункта необходим анализ следующих данных о скорости ветра:

– преобладающее направление ветра по месяцам и по румбам

(годовой ход направлений ветра);

- количество и продолжительность штилей в течение года;
- распределение скорости ветра по градациям за каждый месяц и год;
- расчетные скорости ветра в пешеходных зонах на высоте 1,5 – 2 м от поверхности земли.

Эти данные могут быть представлены как в табличной форме, так и в графическом виде. В качестве примера в табл. 4.7 и на рис.4.11 приведена статистика годового хода направлений ветра для Казани [33].

Таблица 4.7

Повторяемость направлений ветра и штилей (%) в Казани

месяцы	румбы								штиль
	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	
январь	4	6	20	28	12	13	6	11	7
февраль	6	9	22	27	9	9	6	12	8
март	7	8	17	24	13	13	8	10	9
апрель	7	8	16	21	13	15	9	11	9
май	9	10	12	15	9	16	14	15	6
июнь	9	10	9	12	11	18	15	16	9
июль	13	11	10	10	8	14	18	16	10
август	11	14	13	11	8	13	14	16	12
сентябрь	5	6	11	20	14	17	15	12	8
октябрь	4	7	11	20	16	19	16	8	6
ноябрь	4	6	15	24	15	16	11	9	6
декабрь	4	5	19	27	14	15	9	7	7
год	7	8	14	20	12	15	12	12	8

Анализ табл. 4.7 показывает, что преобладающее направление ветра в Казани имеет четко выраженный годовой ход: с юго-восточного и южного – в январе - феврале; южного – в марте-апреле; западного – в мае - июне, северо-западного и северного – в июне - июле - августе и возвращение к юго-восточному и южному направлению – к ноябрю-декабрю (в табл. 4.7 преобладающий процент повторяемости этих направлений выделен жирным курсивом). Более наглядно годовой ход преобладающих ветров для Казани представлен на рис. 4.11.

Из данных табл. 4.7 и рис. 4.11 видно, что в зимние месяцы преобладающее направление ветра в Казани – Ю и ЮВ, а в летние месяцы – З и СЗ. Из этого следует, что застройка городских микрорайонов должна защищать город от Ю и ЮВ ветров и усиливать проветривание города при З и СЗ ветрах.

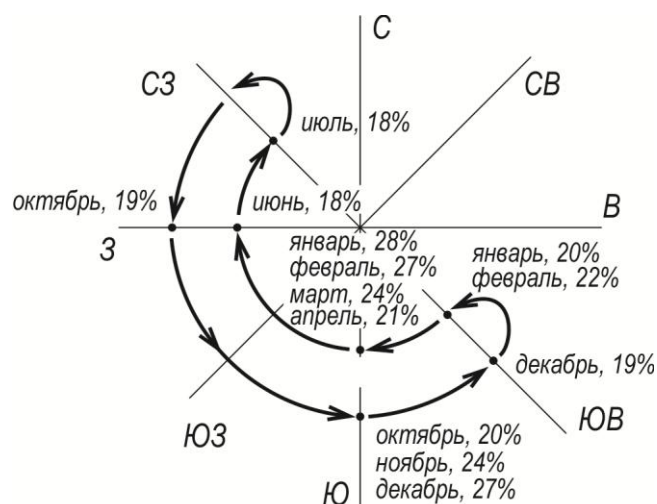


Рис.4.11. Годовой ход преобладающих направлений ветра для Казани (по данным табл.4.7)

Степень защиты или проветривания городских территорий определяется величиной скорости ветра. Если скорость ветра выше нормы гигиенического комфорта, то ее требуется снижать, если ниже – увеличивать, обеспечивая проветривание. В табл. 4.8 приведена вероятность скорости ветра по градациям для Казани. Анализ табл. 4.8 показывает, что в летние месяцы преобладает высокая вероятность скоростей ветра – 2-5 м/с, в зимние месяцы возрастает вероятность высоких скоростей ветра – от 6 до 20 м/с, что требует учета как при оценке защищенности микрорайонов от холодных ветров, так и при анализе снеготранспорта территорий города.

Таблица 4.8

Вероятность скорости ветра по градациям (%) в Казани

Интервал скоростей ветра м/с	месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0-1	15,9	18,7	17,6	20,0	14,5	20,1	22,1	23,7	19,0	12,7	13,4	15,3	17,7
2-3	23,2	22,6	22,4	26,8	26,1	30,1	31,3	30,5	27,1	25,6	27,9	23,6	26,4
4-5	24,7	25,8	25,1	27,4	29,9	30,5	28,7	26,0	27,5	28,0	27,3	26,6	27,3
6-7	18,9	19,1	17,1	15,3	18,4	13,8	13,7	14,7	19,3	20,5	17,4	19,0	17,3
8-9	9,1	8,9	10,8	7,1	7,9	4,0	3,4	4,2	5,4	9,1	8,8	8,5	7,3
10-11	3,3	2,5	2,6	2,2	1,6	1,0	0,6	0,5	1,2	2,4	2,2	3,0	1,9
12-13	3,3	1,5	3,2	1,0	1,2	0,4	0,2	0,3	0,2	1,2	2,2	2,8	1,5
14-15	0,7	0,5	0,9	0,2	0,2	0,1	-	-	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3
16-17	0,7	0,3	0,2	-	0,2	-	-	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,2
18-20	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,05	0,05

Статистический анализ ветрового режима какого-либо географического пункта проводится на основании данных местных метеостанций или климатических справочников [40]. В этих данных и справочниках параметры ветра относятся к высоте флюгера, то есть к высоте 10-12 м от поверхности земли, в то время как комфортные для человека скорости ветра, определенные гигиенистами, относятся к высоте 1,5 – 2,0 м от земли, то есть к пешеходным зонам городских территорий.

Методика пересчета скорости ветра с высоты флюгера к другой высоте от поверхности земли описана в разделе II в зависимости от типа местности и застройки. По этой методике (формула 2.22 и табл.2.16) выполнен расчет скоростей ветра в пешеходных зонах для Казани при различных типах местности, табл.4.9.

Таблица 4.9

Пересчет скоростей ветра с высоты флюгера к высоте 1,5 ÷ 2,0 м от поверхности земли (к воздействию ветра в пешеходных зонах)

Скорость ветра на высоте флюгера, м/с	Вероятность скорости ветра по градациям, средняя за год, %	Скорость ветра на высоте 1,5 ÷ 2,0 м от земли в зависимости от типа местности, м/с. (расчет по формуле (2.22))		
		A, $k_B = 0,75$	B, $k_B = 0,5$	C, $k_B = 0,4$
0-1	17,7	0,75	0,5	0,4
2-3	26,4	1,9	1,25	1,0
4-5	27,3	3,4	2,25	1,8
6-7	17,3	4,9	3,25	2,6
8-9	7,3	6,4	4,25	3,4
10-11	1,9	7,9	5,25	4,2
12-13	1,5	9,4	6,25	5,0
14-15	0,3	10,9	7,25	5,8
16-17	0,2	12,4	8,25	6,6
18-20	0,05	14,25	9,5	7,6

В табл. 4.9 наряду с величиной скорости ветра на высоте флюгера, приведена средняя за год вероятность скорости ветра по градациям, которая служит первичным ориентиром продолжительности действия той или иной скорости ветра в течение года. В табл. 4.9 значения комфортных скоростей ветра для Казани выделены жирным курсивом и дополнительной рамкой. Можно видеть, что с увеличением плотности застройки комфортные значения скорости ветра в пешеходных зонах сохраняются даже при высоких скоростях ветра на высоте флюгера. Из табл. 4.9 легко определяется продолжительность комфортных и дискомфортных скоростей в течение года для того или иного типа

местности (или типа застройки). Так, например, при типе местности В ($k_B = 0,5$) вероятность комфортных скоростей ветра в пешеходных зонах – 1,25 и 2,25 м/с составляет $26,4+27,3=53,7\%$, то есть более полугода будут иметь место комфортные скорости ветра в пешеходных зонах. Усиливать проветривание требуется в 17,7%, а защищать территории от сильных ветров в $(100 - 53,7) - 17,7=28,6\%$ продолжительности года.

4.3.4 Ветровой комфорт и дискомфорт в пешеходных зонах города

Дискомфорт в пешеходных зонах города определяется величиной скорости ветра и его порывистостью. Из табл. 2.14 следует, что при слабом ветре (3 балла по шкале Бофорта, скорость 3,4-5,4 м/с) уровень дискомфорта «еще терпимый» – ветер треплет волосы и развеивает одежду. При скорости ветра более 5 м/с дискомфорт проявляется в полной мере. В работе [32] приведена классификация уровней ветрового дискомфорта в зависимости от величины скорости ветра, табл. 4.10.

Таблица 4.10

Уровни ветрового дискомфорта в пешеходных зонах застроенных территорий

Уровень дискомфорта	Скорость ветра, м/с	Описание ветровых воздействий
Начало дискомфорта	5 – 8	Ветер поднимает пыль, обрывки бумаг, приводит в беспорядок прическу
Неприятные ощущения	8 – 10	Напор ветра ощущается всем телом, поземка переходит в метель, зонтики используются с трудом
	15–20	Возникают неудобства при ходьбе, затруднено продвижение вперед, трудно удерживать равновесие при порывах
Опасно	больше 20	Порывы ветра сбивают людей с ног

Выводы авторов классификации соответствуют данным табл. 2.14 в том, что дискомфорт начинается при скоростях ветра свыше 5 м/с и проходит через *неприятные ощущения* и *опасность*.

Зоны больших скоростей возникают при обтекании здания или группы зданий ветровыми потоками. На рис. 4.12 показана схема взаимодействия ветрового потока со зданием и образование зон повышенных скоростей, угловых течений и завихрений.

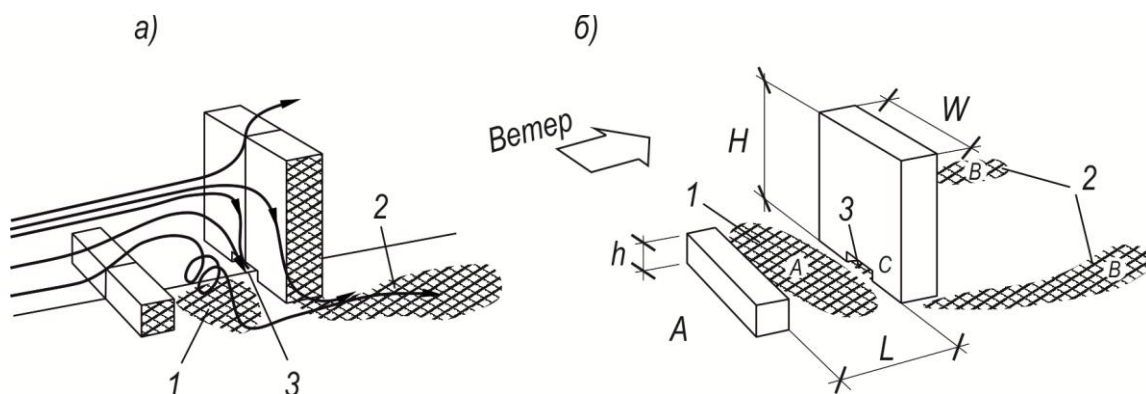


Рис. 4.12. Схема обтекания модели здания (а) и зоны высоких скоростей приземных ветров (б). 1 (А) – вихревое течение; 2 (В) – угловое течение; 3 (С) – сквозной поток

Анализ зон завихрений и уплотнений воздушных потоков в застройке представляет собой сложную задачу. Аналитические методы несовершенны, экспериментальные – трудоемки; и те и другие методы не обеспечивают высокую достоверность результатов. Появление расчетных комплексов, основу которых составляет метод конечных элементов, позволяет упростить решение этих задач, ускорить и удешевить получение результата.

В качестве примера использования компьютерных программ FLUENT и GAMBIT на рис. 4.13 приведено обтекание здания сложной конфигурации. Можно видеть, что набегающий поток ветра 4 м/с изменяет и направление, и скорость до 12 м/с. Изменение геометрии ячеек сетки указывает на сложную аэродинамику обтекания, где присутствуют и ветровые тени, и завихрения, и срывы потоков.



Рис. 4.13. Результаты расчета обтекания здания сложной конфигурации. Числа обозначают скорость ветра в соответствии с цветом линий. (Иллюстрация взята из дипломной работы Абдрахмановой А.Р. и Хаирова А.А., Казанский ГАСУ, 2011 г.)

Для «стандартной» застройки городских микрорайонов определяющим для ветрового режима является тип местности (А, В или С по определению СНиП «Нагрузки и воздействия»). В зависимости от типа местности, скорость ветра в пешеходных зонах будет снижаться в соответствии с коэффициентами k_B (см. формулу 2.22). Подобный расчет для Казани приведен в разделе 4.3.3 (табл. 4.9) и показано, что скорость ветра в пешеходных зонах свыше 5 м/с составит: для типа местности В – 3,95% продолжительности года (14 суток), а для типа местности С – 2,05 % (7 суток).

Появление в застройке разноэтажных зданий, особенно высотных, вносит большую неопределенность в распределение направлений и скоростей ветра в пешеходных зонах. В такой застройке могут возникать поперечные и встречные ветровые потоки, усиливается порывистость, и возникают ветровые вихри. Сезонные изменения направлений ветра может диаметрально изменить распределение ветровых потоков в застройке.

В качестве примера на рис. 4.14 [32] приведена схема изменения траекторий воздушных потоков в застройке с разноэтажными зданиями при изменении направлений ветра с восточного на юго-западное. Можно видеть, что изменились не только траектории потоков, но и возникли их завихрения в застройке.

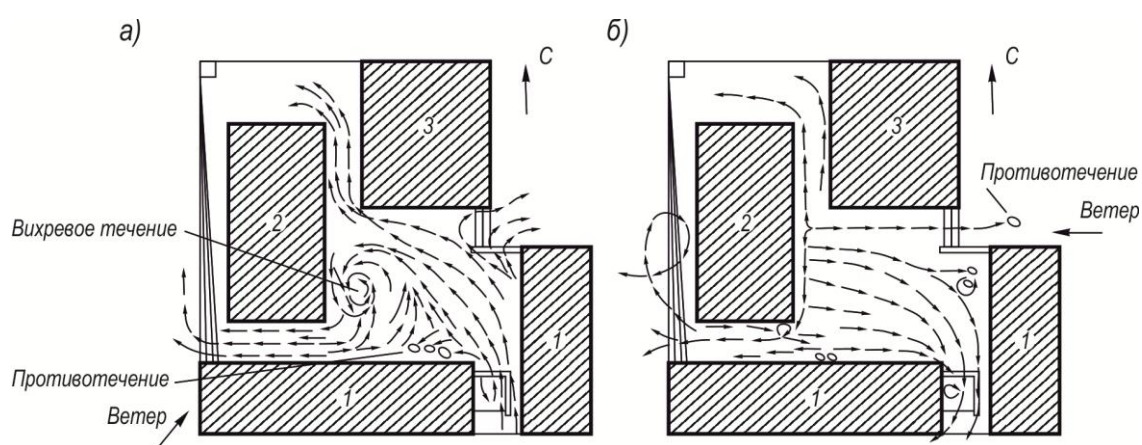


Рис. 4.14. Структура воздушных потоков на участке, застроенном разноэтажными зданиями. 1 – пятиэтажное здание, 2 – башня 54 этажа, 3 – здание 32 этажа, 4 – здание 14 этажей; а) ветер восточный, б) ветер юго-западный

Наряду с высокими скоростями ветра, дискомфорт в пешеходных зонах определяется ветровыми порывами, которые, в свою очередь, зависят от срыва вихрей, образующихся при обтекании зданий ветровыми потоками. Скорость ветра в ветровых порывах возрастает неожиданно и увеличивается на 90–100% практически мгновенно. Воздействие ветрового порыва на людей в пешеходной зоне приведено на рис. 4.15.



Рис.4.15. *Порыв ветра. Литография Марле.*

Порывистость ветра в застройке является следствием срыва вихрей при обтекании зданий ветровыми потоками. Теория и методы расчета срыва вихрей представляют собой сложную аэродинамическую задачу, зависящую от множества факторов. В упрощенном представлении срыв вихрей выглядит следующим образом. На наветренной стороне здания образуется вихревое движение воздушного потока, аналогичное изображенному на рис. 2.22. Через некоторое время вихрь «созревает», отрывается от здания и уносится ветровым потоком, а на этом месте начинает формироваться новый вихрь. В зависимости от аэродинамических условий застройки, отрыв вихрей может происходить периодически или постоянно вплоть до образования так называемой дорожки Кармана.

Натурные наблюдения показывают, что полностью избежать порывов ветра в застройке невозможно. В связи с этим, уровень ветрового комфорта в пешеходных зонах предложено определять через частоту повторения ветровых порывов. Чем выше скорость ветра в порывах, тем реже должны возникать эти порывы в течение года. В работе [32] предложены четыре критерия комфорта. Порывы ветра при скоростях 6 м/с допустимы около 1000 часов в год (8 – 10% продолжительности года), порывы ветра при 12 м/с допустимы 1-2 раза в месяц, табл. 4.11.

Критерии ветрового комфорта в пешеходных зонах

Критерии	Описание зоны	Наибольшая скорость отдельных порывов ветра, м/с	Частота повторения, час/год
1	Площади и парки	6	около 1000/10% по времени
2	Пешеходные зоны и дорожки	12	50 (1-2 раза в месяц)
3	Площади и парки	20	около 5
4	Пешеходные зоны и дорожки	25	< 1

Анализ табл. 4.11 позволяет сформулировать основной принцип комфорта в пешеходных зонах при ветровых порывах: ***чем выше скорость ветра в порыве, тем реже должно быть повторение таких порывов.***

Закономерность образования и срыва вихрей в застройке и образование ветровых порывов практически неизучены. Эти проблемы ждут своих исследователей.

4.4 Инсоляция городской застройки

Термином «инсоляция» определяют облучение помещений жилых и общественных зданий, а также территорий жилой застройки прямыми солнечными лучами. Ключевым словом при расчетах инсоляции является продолжительность облучения, в часах, на определенные календарные периоды. Первые отечественные нормы по инсоляции базировались на предписаниях Витрувия: «В жилищах, куда редко заглядывает солнце, часто бывает врач» и русского гигиениста Эрисмана: «Отсутствие солнечного света в жилищах действует весьма пагубно на здоровье человека».

4.4.1 Санитарно-гигиенические основы и нормирование инсоляции

Инсоляция помещений и территорий является необходимым санитарно-гигиеническим фактором, поскольку вызывает гибель болезнетворных бактерий и вредных микроорганизмов и оказывает положительное психофизиологическое воздействие на человека.

«Расчеты инсоляции являются обязательным разделом в составе предпроектной и проектной документации» (п. 1.3, СанПиН [70]).

«Выполнение требований норм инсоляции достигается размещением и ориентацией зданий по сторонам горизонта, а также их объемно – планировочными решениями» (п.2.2 СанПиН [70]).

Нормативными документами определен перечень зданий, помещений и территорий, где обеспечение требуемой продолжительности инсоляции является обязательным.

К зданиям, где соблюдение норм продолжительности инсоляции является обязательным, относятся:

- жилые здания;
- детские дошкольные учреждения;
- учебные учреждения;
- лечебно-профилактические учреждения;
- учреждения социального обеспечения.

В жилых зданиях продолжительность инсоляции должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате в 1–3-х комнатных квартирах и не менее, чем в двух комнатах в 4-х (и более) комнатных квартирах.

В зданиях общежитий и лечебно-профилактических учреждениях должно инсолироваться не менее 60% комнат или палат.

В общественных зданиях продолжительность инсоляции должна быть обеспечена в основных функциональных помещениях, к которым относятся: групповые, игровые, изоляторы, палаты, классы и учебные кабинеты.

К территориям городской застройки, где нормируется продолжительность инсоляции – не менее 3 часов в день на 50% площади участка, независимо от географической широты местности, относятся: детские игровые площадки, спортивные площадки жилых домов, групповые площадки дошкольных учреждений, спортивные зоны и зоны отдыха общеобразовательных школ и школ-интернатов, зоны отдыха лечебно-профилактических учреждений.

В основу первых отечественных норм по инсоляции положены микробиологические исследования [18]. Были исследованы культуры кишечной палочки и белого стафилококка, как наиболее распространенных микроорганизмов в жилых помещениях. В результате исследований было установлено, что исследованные культуры полностью стерилизуются после 3-4 часов облучения солнечной радиацией. Таким образом, в первых отечественных нормах по инсоляции 1963 года [65] введена **непрерывная продолжительность инсоляции, равная 3 часам**.

Вместе с тем, продолжительность инсоляции является фактором, который влияет на плотность застройки, особенно в крупных городах с высокой стоимостью земельных участков.

В связи с этим, сразу после утверждения первых отечественных норм по инсоляции, нормируемая продолжительность облучения прямым солнечным светом (3 часа) стала сокращаться в угоду инвесторам и

застройщикам с целью уплотнения застройки, следовательно, сокращения продолжительности инсоляции. Со стороны инвесторов и застройщиков мотивация понятна – получение максимальной прибыли с квадратного метра городских территорий, особенно в центральных частях городов. Со стороны гигиенической науки и жителей эта тенденция неправильная, вредная и приведет к тяжелым социальным последствиям.

В таблице 4.12 приведен ретроспективный обзор отечественных норм по инсоляции за период с 1963 по 2010 годы. СанПиН 2010 сохранил значения параметров СанПиН 2001 года, поэтому в таблице не приведен.

Анализ таблицы 4.12 показывает, что с 1963 по 1982 годы (19 лет) нормы сохранили непрерывный режим облучения продолжительностью 3 часа. В нормах 1982 года (67) непрерывная продолжительность 3 часа сохранилась только для медицинских и детских учреждений (строчки 1,2). Для всех остальных случаев продолжительность инсоляции снижена на 0,5 часа и стала допустимой прерывистой инсоляция, хотя микробиологическими исследованиями еще в 1968 году было показано, что перерыв инсоляции стимулирует рост и размножение неубитых микроорганизмов [10]. Эти параметры инсоляции продержались до 2000 года. В 2001 году с сохранением прерывистого режима нормативная продолжительность облучения снизилась до 2 часов. Причем нормы допускают снижение продолжительности облучения еще на 0,5 часа в центральных зонах городов (строчка 4). В Московских городских нормах (МГСН) в изменении расчетных дат облучения (22.04 – 22.08), также заложено дополнительное снижение продолжительности инсоляции.

Таким образом, за рассматриваемый период времени исчезло требование непрерывного облучения, а его продолжительность снижена вдвое. Эта тенденция весьма опасна, она способствует появлению жилья низкого качества без обеспечения санитарно-гигиенических требований.

Следует также отметить, что в настоящее время действуют два нормативных документа, требования по продолжительности инсоляции в которых противоречат друг другу. Так, в СНиП 2.07.01-89 по градостроительству и планировке городских и сельских поселений [57], территория страны поделена на северную и южную зоны со своими нормативами продолжительности инсоляции:

- для северной зоны (севернее 58°с.ш.) – не менее 3 часов в день на период с 22 апреля по 22 августа;

- для южной зоны (южнее 58°с.ш.) – не менее 2,5 часов в день на период с 22 марта по 22 сентября.

В СанПиНе 2.2.1/2.1.1.1076-01 [70] нормативная продолжительность инсоляции устанавливается на следующие календарные периоды с учетом географической широты местности:

- для северной зоны (севернее 58°с.ш.) – с 22 апреля по 22 августа, не менее 2,5 часов в день;

- для центральной зоны (48°с.ш. – 58°с.ш.) – с 22 марта по 22 сентября, не менее 2,0 часов в день;
- для южной зоны (южнее 48°с.ш.) – с 22 февраля по 22 октября, не менее 1,5 часов в день.

Таблица 4.12

**Изменение характеристик инсоляции по нормативным документам за период
1963-2001 года (для центральной Европейской зоны России)**

№	Характеристика инсоляции	Нормативные документы							
		СН 427-63	СН 1180-74	СП 2605-82	СНиП 2.07.01-89	ТСН 23-303-98 (МГСН 2.05-97)	МГСН 2.05-99	СанПиН 2.1.2. 1002-00	СанПиН 2.1.1/ 2.1.1.1076-01
1	Режим облучения: – непрерывный – прерывистый	да –	да –	да ¹⁾ да ²⁾	– да	– да	– да	– да	– да
2	Нормативная продолжительность облучения, часы	3	3	3 ¹⁾ 2,5 ²⁾	2,5	2,5- -1,5 ³⁾	2,0- 1,5 ⁴⁾	2,5	2,0
3	Расчетные даты облучения: – для всей территории города – для исторических и общественных центров города	22.03-- 22.09 22.03-- 22.09	22.03-- 22.09 22.03-- 22.09	22.03-- 22.09 22.03-- 22.09	22.03-- 22.09 22.03-- 22.09	22.03-- 22.09 22.04-- 22.08	22.03-- 22.09 22.04-- 22.08	22.03-- 22.09 22.03-- 22.09	22.03-- -22.09 22.03-- -22.09
4	Допустимое сокращение нормативной продолжительности облучения: – при инсоляции всех жилых комнат или 2-х комнат в трехкомнатной квартире – в историческом и общественном центре города	нет нет	нет нет	на 0,5ч на 0,5ч	на 0,5ч на 0,5ч	5) на 0,5ч ⁶⁾	5) 5)	на 0,5ч на 0,5ч	на 0,5ч на 0,5ч
5	Действие нормативного документа	не действ.	не действ.	не действ.	действ.	не действ.	не действ.	действ.	действ.
Примечание: 1) для медицинских и детских учреждений; 2) для жилых и общественных зданий; 3) в зависимости от ориентации окна; 4) в зависимости от ориентации окна и количества расчетных комнат; 5) допустимое сокращение отражено во 2-й строчке таблицы; 6) по согласованию со службой Госсанэпиднадзора									

Для центральной зоны России (56^0 с.ш.) по СНиП продолжительность инсоляции составляет 2,5 часа в день, а по СанПиН – 2,0 часа в день. Расхождения отмечаются в датах расчетных календарных периодов. Так, для широты южнее 48^0 с.ш. по СНиП это 22.03 и 22.09, а по СанПин – это 22.02 и 22.10. Понятно, что результаты расчетов будут разными.

Расчет продолжительности инсоляции проводится на день начала периода или день его окончания. В расчетах продолжительности инсоляции не учитывается первый час после восхода солнца и последний час перед заходом солнца для районов южнее 58^0 с.ш. и 1,5 часов – для районов севернее 58^0 с.ш.¹

В тех же нормах [70] сформулированы требования по ограничению избыточного теплового воздействия инсоляции на жилые комнаты и территории детских игровых и подобных им площадок.

4.4.2 Видимое движение солнца по небесной сфере и солнечные карты

Продолжительность инсоляции территорий, размер и движение теней от зданий в течение дня зависят от перемещения солнца по небесной сфере. Перемещение солнца по небесной сфере, представленное графически через его координаты на плоскости, является основой всех инсоляционных расчетов. Наиболее распространенной и удобной формой, представляющей видимое движение солнца по небесной сфере за каждый месяц и час суток в течение года, является солнечная карта. Солнечная карта составляется для конкретной географической широты местности.

Прежде всего, рассмотрим траекторию движения солнца по небесной сфере в течение характерных дней года: зимнее и летнее солнцестояние и весенне-осеннее равноденствие (рис. 4.16). Наиболее высокое положение солнца на этих графиках приходится на 12 часов дня в направлении на юг. Графики рис. 4.16 построены для солнечного времени, которое отличается от декретного времени.

Для решения задач инсоляции принято, что наблюдатель стоит в центре полусферы и круга горизонта – точка O , а солнечные лучи приходят к этой точке в любой месяц и час суток в виде пучка параллельных лучей (рис. 4.17,б). Можно видеть, что в день весенне-осеннего равноденствия солнечные лучи, приходящие к точке O , в любой час лежат в одной плоскости, проходящей через центр круга горизонта по линии восток-запад (рис. 4.17). В другие характерные дни года солнечные лучи, приходящие к точке O , представляют собой выпуклую (рис.4.17,а) или вогнутую (рис. 4.17,в) поверхность.

¹ Некоторые авторы рекомендуют не учитывать инсоляцию при высоте стояния солнца менее $10-12^0$.

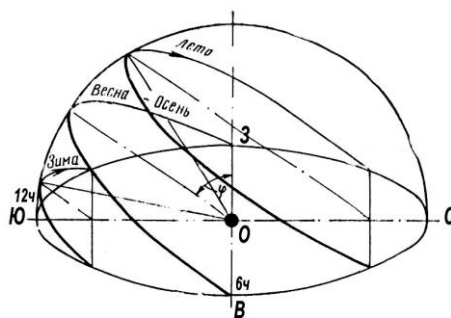


Рис. 4.16. Траектория движения солнца по отношению к кругу горизонта в характерные дни года

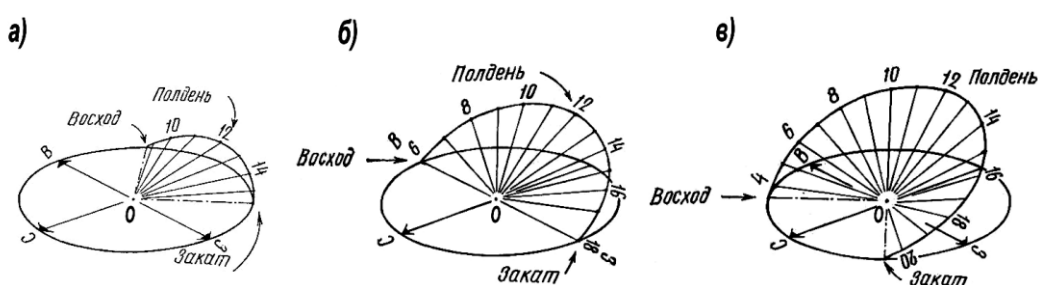


Рис. 4.17. Траектория движения солнца и направление лучей к наблюдателю, находящемуся в т.О в характерные дни года: а) зимнее и в) летнее солнцестояния, б) день весенне-осеннего равноденствия

Координаты солнца на небесной сфере могут быть описаны двумя параметрами: высотой стояния солнца h_0 (град) – то есть углом между линией солнечного луча и горизонтальной плоскостью, а также азимутом A_0 (град) – то есть углом между направлением на север или на юг и проекцией солнечного луча на горизонтальную плоскость. Азимут A_0 отсчитывается либо от направления на север по часовой стрелке, либо от направления на юг в сторону востока и в сторону запада.

Таким образом, если нанести на небесную полусферу, опирающуюся на круг горизонта, две системы линий (широтные линии, которые представляют собой угол h_0 от 0 градусов на круге горизонта до 90 градусов в зените, и меридиональные линии, идущие по полусфере от зенита к кругу горизонта через определенное число градусов), то можно описать координаты солнца через h_0 и A_0 в любой месяц и любое время суток, рис. 4.18.

После проекции этих систем линий на горизонтальную плоскость, получим на круге горизонта системы концентрических окружностей (через определенную величину h_0) и систему радиусов (через определенную величину A_0). Объединяя эту координатную сетку с проекцией на

горизонтальную плоскость траектории движения солнца в характерные дни года (по рис. 4.16), получим солнечную карту (рис. 4.19).

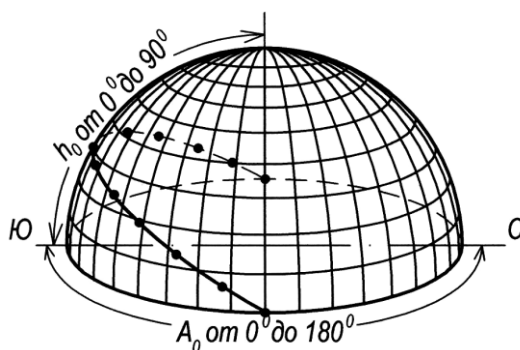


Рис.4.18. Координаты солнца на небесной полусфере; h_0 – высота стояния солнца в град., A_0 – азимут в град.

Солнечная карта строится для определенной широты местности. На рис.4.16 угол φ , образуемый между солнечным лучом и зенитом в 12 часов в день весенне-осеннего равноденствия, и будет представлять широту местности (град).

Солнечная карта, приведенная на рис. 4.19, называется проекционной, поскольку представляет собой ортогональную проекцию. Можно видеть, что при малых значениях высоты стояния солнца h_0 трудно провести точные измерения. Иногда используют так называемые развернутые солнечные карты, когда на горизонтальной плоскости концентрические окружности высоты стояния солнца h_0 идут через равные интервалы (рис. 4.20).

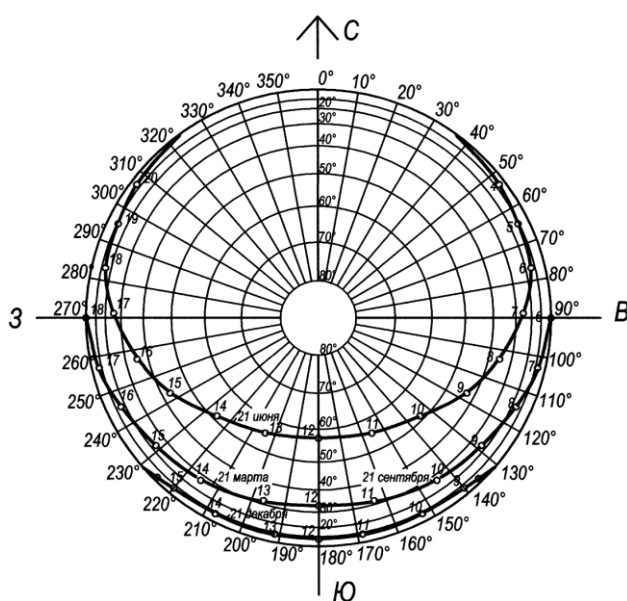


Рис. 4.19. Солнечная карта для широты 56^0 (проекционная)

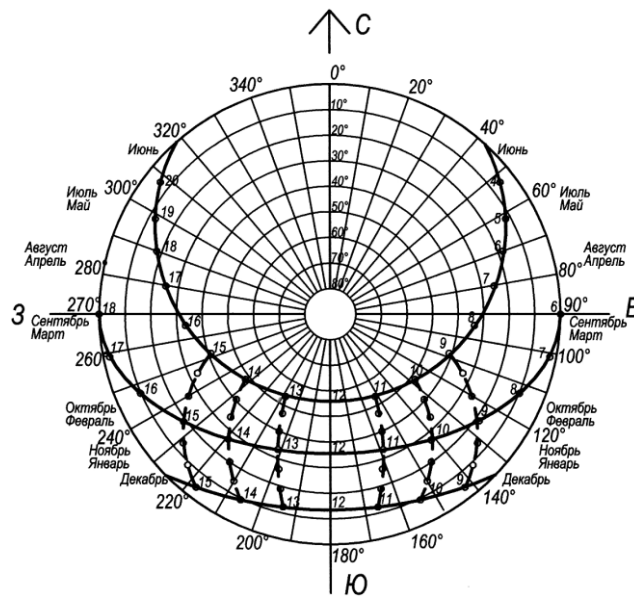


Рис. 4.20. Солнечная карта для широты 56° (развернутая)

4.4.3 Солнечные линейки, их построение и использование

Для построения теней от зданий в различные часы суток недостаточно иметь солнечную карту. Для этих целей используют, так называемые, солнечные линейки, которые представляет собой объединение двух чертежей: часть солнечной карты с проекцией солнечных лучей на горизонтальную плоскость в каждый час суток (радиальные линии, сходящиеся в точке О) и систему параллельных линий, представляющую собой масштабную шкалу теней, рис. 4.21.

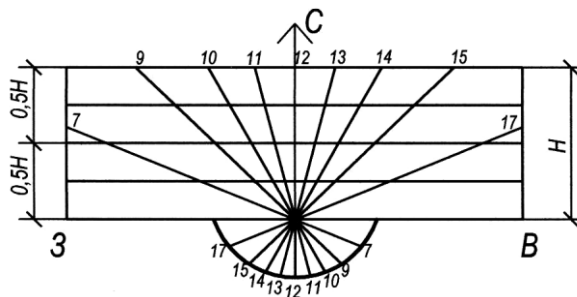


Рис. 4.21. Солнечная линейка на день весенне-осеннего равноденствия

Для центральной зоны России (48° – 58° с.ш.) расчетной датой являются 22.03 или 22.09, то есть день весенне-осеннего равноденствия. В этот день солнечные лучи, приходящие к наблюдателю (или объекту) лежат в одной плоскости (см. рис. 4.17, б). Это означает, что в течение дня вершина тени от стержня, установленного в т.О., будет перемещаться

строго по линии запад – восток, как это показано на рис. 4.22,а. Направление тени от стержня в каждый час суток совпадает с линией проекции солнечного луча на горизонтальную плоскость в этот же час, при этом протяженность теней будет различной. Максимальное значение высоты стояния солнца h_0 будет в 12 часов солнечного времени, следовательно, тень от стержня в этот час будет минимальной протяженности. Высота стояния солнца в 12 часов в день весенне-осеннего равноденствия определяется по формуле:

$$h_0 = 90^\circ - \varphi, \quad (4.3.)$$

где

h_0 – высота стояния солнца (град) в 12 часов в день весенне-осеннего равноденствия;

φ – широта местности, град.

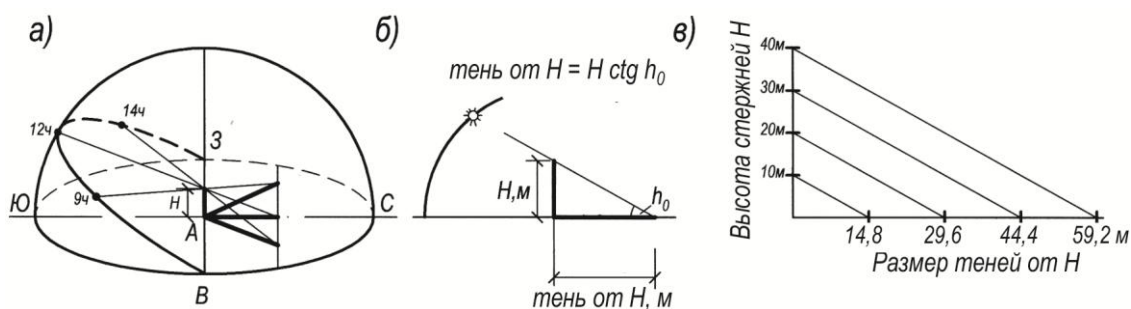


Рис. 4.22. Построение теней от вертикального стержня, стоящего в центре круга горизонта (а), принцип определения размера тени от стержня высотой H (б), размер теней в условиях Казани (в)

На основании величины h_0 можно определить протяженность тени от стержня высотой H в 12 часов дня по формуле:

$$\text{Тень от } H = H \cdot \text{ctg } h_0 \quad (4.4)$$

На схеме рис. 4.22,б приведены необходимые построения. Например, для Казани, $\varphi = 56^\circ$ с. ш., величина h_0 будет равна $90 - 56 = 34^\circ$. $\text{Ctg} 34^\circ = 1,48$. В этих условиях стержень высотой 10 м ($H = 10$ м) отбросит тень протяженностью $10 \cdot 1,48 = 14,8$ м.

Этот принцип используется для построения масштабной шкалы теней солнечной линейки. Для широты Казани (56° с.ш.) тени от стержней высотой 10, 20, 30 и 40 м составят, соответственно : 14,8; 29,6; 44,4 и 59,2 м, рис. 4. 22,в. Эти размеры теней на солнечной линейке должны соответствовать масштабу подосновы. Так для подосновы $M 1:1000$ эти

размеры теней будут 14,8; 29,6; 44,4 и 59,2 мм, а для подосновы М 1:2000 – 7,4; 14,8; 22,2 и 29,6 мм, рис. 4.23.

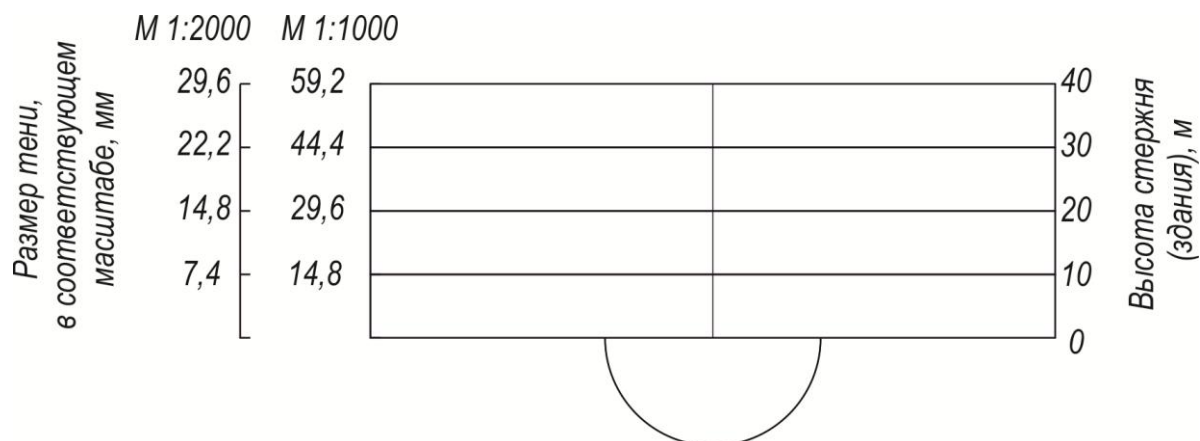


Рис.4.23. К построению солнечной линейки соответствующего масштаба для условий Казани

Для построения теней от здания нулевую точку солнечной линейки необходимо совместить с северным углом здания, а центральную ось солнечной линейки ориентировать по направлению север – юг.

На рис. 4.24 с использованием солнечной линейки построены тени от здания высотой 15м для различных часов суток. (Для того, чтобы не загромождать чертеж, тени показаны только в 9,12 и 15 часов). Группу теней от здания в каждый час суток называют конвертом теней.

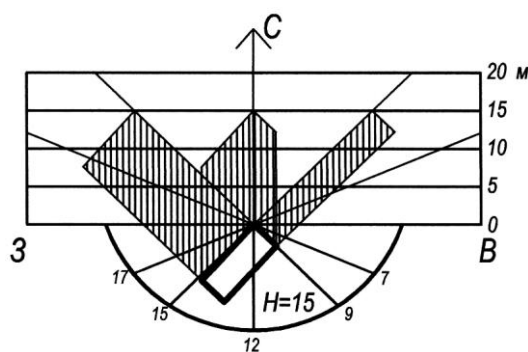


Рис.4.24. Построение теней от здания при помощи солнечной линейки. Высота здания $H = 15\text{м}$

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что солнечная линейка, представленная на рис. 4.21, справедлива для центральной зоны для дней весенне-осеннего равноденствия.

В другие дни года вершины теней от стержня или от здания будут расположены на кривых линиях, что также подтверждается рис. 4.17,а и 4.17,в для случаев зимнего и летнего солнцестояния. Таким образом, для

построения реальных теней от здания в разные периоды года необходимы солнечные линейки, построенные для других географических широт или для других расчетных дат. Вид этих линеек, в соответствии с рис. 4.17,а и 4.17,б, представлен на рис. 4.25.

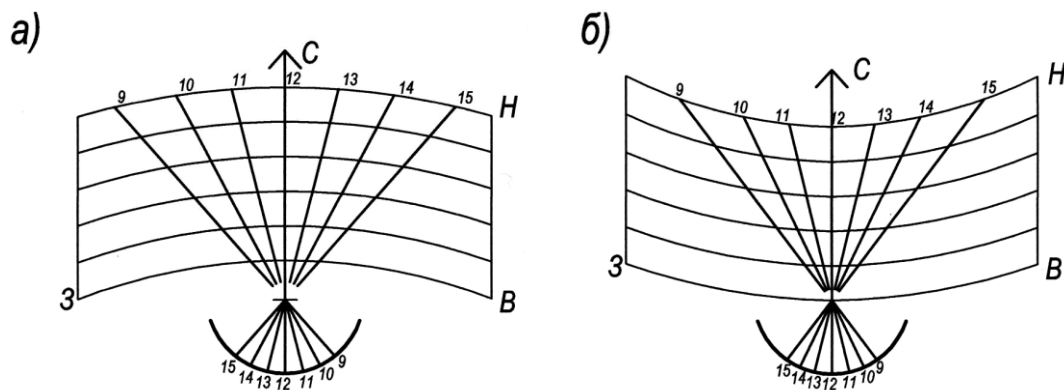


Рис.4.25. Солнечные линейки для зимнего (а) и летнего (б) солнцестояния

Для практической работы удобно иметь набор солнечных линеек для тех географических широт, для которых ведется проектирование зданий, и тех масштабов подосновы или планов застройки, с которыми приходится работать. С линейками удобно работать, если они выполнены на прозрачных носителях.

4.4.4 Построение теней от зданий и расчеты продолжительности инсоляции территорий и фасадов зданий

Эти задачи удобно решать с помощью инсографика Дунаева (иногда его называют инсоляционным планшетом) [11]. Инсографик построен с использованием тех же закономерностей, которые описаны при построении солнечной линейки. На рис.4.26 показан инсографик Дунаева. Он представляет собой систему параллельных линий и радиальных лучей, сходящихся в точке *O*. Система параллельных линий представляет собой уже известную нам масштабную шкалу теней для высот зданий, противостоящих точке *O*, а радиальные лучи представляют собой проекцию солнечных лучей на горизонтальную плоскость в каждый ровный час суток от 6 утра до 18 часов вечера (т.к. этот инсографик построен для дня весенне-осеннего равноденствия). Если инсографик развернуть точкой *O* к северу, он служит для расчета продолжительности инсоляции точки на территории (рис. 4.27,а) или на цоколе здания (рис.4.27,б). Если инсографик развернуть точкой *O* к югу, он служит для построения конверта теней от зданий (рис. 4.28).

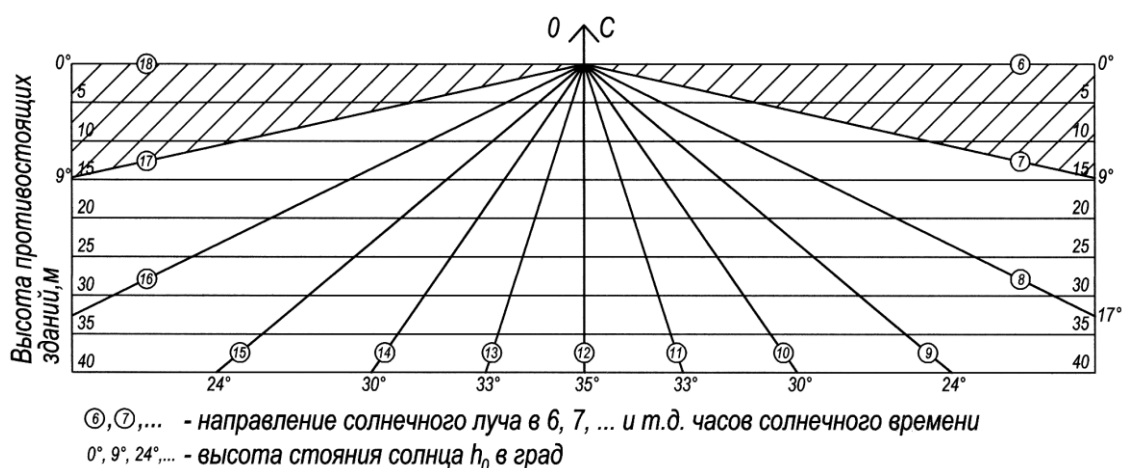


Рис. 4.26. Инсографик Дунаева

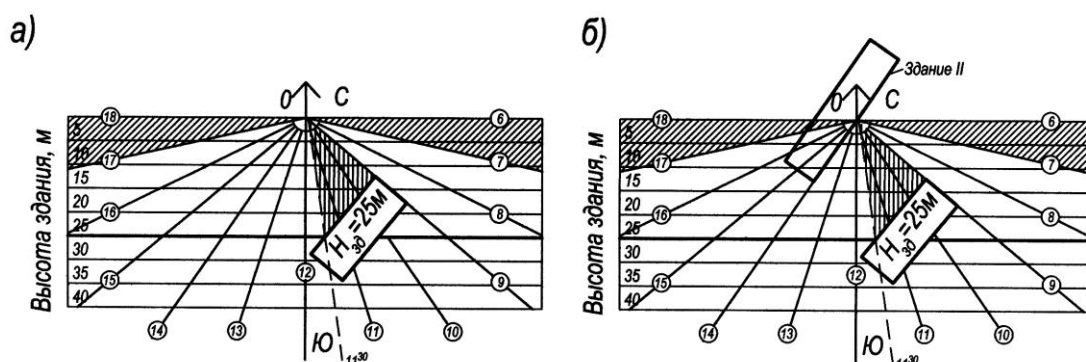


Рис. 4.27. Определение продолжительности инсоляции точки O на территории (а) и на цоколе здания (б)

На рис. 4.27,а показано, что противостоящее точке O здание высотой 25 метров будет затенять эту точку в том случае, когда противостоящее здание (или его часть) расположены к точке O ближе, чем горизонталь 25м. В случае, изображенном на рис. 4.27,а, точка O будет затенена с 9.00 до 11.30 (2,5 часа). Все остальное время от заката до захода она будет освещена солнцем. С учетом требований по нормированию инсоляции, при оценке продолжительности не учитываются один час после восхода солнца и один час перед заходом солнца, в силу слишком малого значения h_0 , когда солнечные лучи идут почти параллельно горизонтальной поверхности. Итак, общая продолжительность инсоляции точки O составит $12ч - 2ч - 2,5ч = 7,5$ часов, что не меньше допустимой нормы, даже с учетом прерывистости инсоляции. На рис. 4.22,б представлен аналогичный случай, за исключением того, что точка O расположена на цоколе здания (II) и требуется рассчитать продолжительность инсоляции этой точки на фасаде. В силу ориентации здания II, инсоляция поверхности фасада закончится в 14 часов. Поэтому общая продолжительность инсоляции точки O составит: $(8ч - 1ч) - 2,5ч = 4,5$ часа, что также соответствует нормативной.

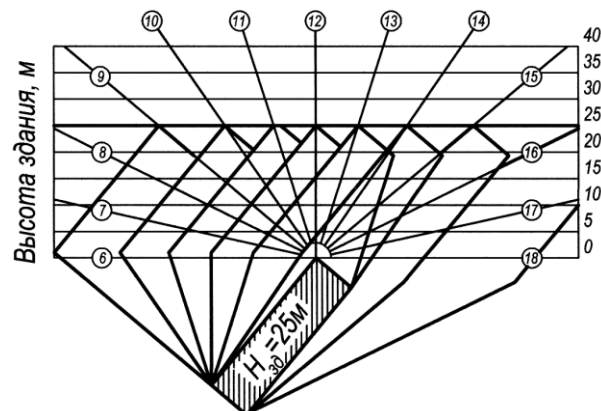


Рис. 4.28. Построение конверта теней от здания высотой 25 м

При включении нового здания в существующую застройку приходится решать вопросы размещения здания и ненарушения инсоляции существующих зданий. В связи с этим, введено понятие **гарантийно-инсоляционных зон (ГИЗ)**. Это территория вокруг существующего здания, которая должна быть свободна от застройки. За пределами ГИЗ можно размещать здания, причем размер ГИЗ увеличивается с увеличением высоты строящихся зданий.

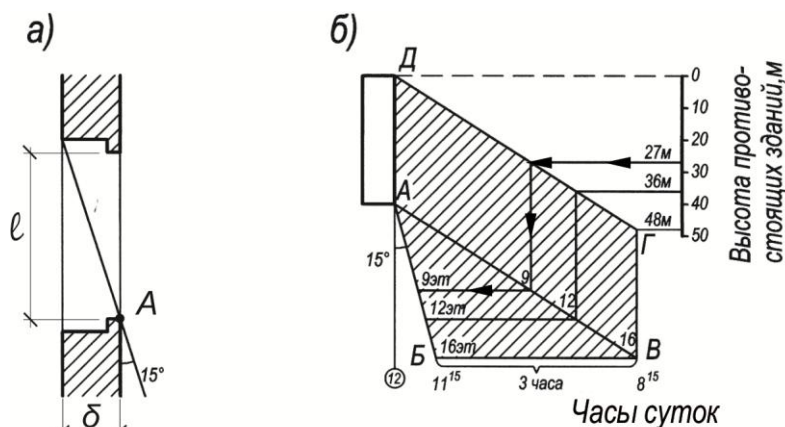


Рис.4.29. Построение угла затенения (а) и гарантийно-инсоляционных зон для восточной стороны меридионально расположенного здания (б)

При построении гарантийно-инсоляционных зон используют инсографик Дунаева. Построение ГИЗ выполняется следующими этапами.

1. Вычерчивается в масштабе оконный проем, ближайший к южному торцу здания с конкретными ℓ и δ , и определяется угол окончания инсоляции помещения, на рис. 4.29,а – это 15° .

2. Точку О инсографика помещают в т. А (рис. 4.29,б), а ось инсографика совмещают с направлением север – юг и отмечают время окончания инсоляции в соответствии с углом солнечного луча, определенного по п.1.

3. Устанавливают требуемую продолжительность инсоляции и устанавливают время начала требуемой продолжительности. По рис. 4.29,б, при продолжительности 3 часа – это 8^{15} .

4. Перемещают инсографик Дунаева в т. Д и выделяют направление солнечного луча в 8^{15} .

5. По масштабной шкале теней инсографика, находящегося в т. Д, отмечают высоту противостоящего здания, которое планируется разместить около существующего здания и по направлениям стрелок выделяют гарантийно-инсоляционную зону.

Для случая, изображенного на рис. 4.29,б, 16 этажные здания (высота 48 м) не могут быть размещены ближе ГИЗ, обозначенного буквами АБВГД. Из рис. 4.9,б видно, также, что для зданий меньшей высоты величина ГИЗ будет меньше.

4.4.5 Расчет продолжительности инсоляции помещений

Первым условием для расчета продолжительности инсоляции помещений является облучение фасадов необходимой продолжительности, что было определено в предыдущих разделах. Расчет инсоляции помещений может быть выполнен различными методами, например, методом, описанным в СанПиН [74]. Наиболее распространенным и точным является геометрический метод с использованием картограмм затеняющих объектов или светопроемов.

Картограмма затеняющих объектов показывает, какую часть небосвода не видит наблюдатель, находящийся в т. О круга горизонта вблизи с затеняющим объектом (например, зданием). Для определения участка небосвода, невидимого из т.О, необходимо определить вертикальные и горизонтальные углы затенения.

Схема определения вертикального угла затенения приведена на рис. 4.30, а – это угол А. Угол А обозначает невидимый участок небосвода (3). Угол А может принимать значения от 0^0 до 90^0 . Этот угол обозначается на картограмме затенения дугой А, рис. 4.30, г.

Схема определения горизонтальных углов затенения Б и В показана на рис. 4.30,б, где цифрой (3) также обозначен участок небосвода, невидимый из т.О. На рис. 4.30,д показаны углы затенения Б и В, отсчитываемые от осевой линии на картограмме затенения.

Объединение вертикальных (рис. 4.30,г) и горизонтальных (рис. 4.30,д) углов затенения в один чертеж (рис. 4.30,в) дает нам зону затенения на картограмме, то есть часть небосвода, невидимую наблюдателем, находящимся в т.О, закрываемую зданием (2). Это заштрихованная область (рис. 4.30,в).

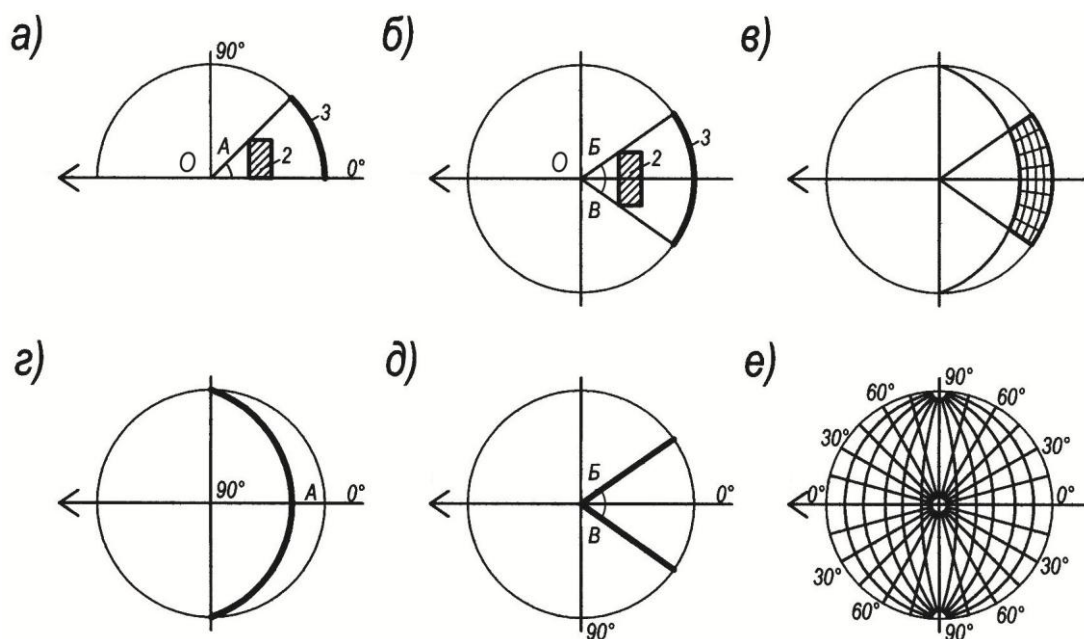


Рис. 4.30. Построение картограммы затенения: а) разрез; б) план; в) зона затенения; г) угол вертикального затенения на картограмме; д) углы горизонтального затенения на картограмме; е) контурная сетка картограммы затенения; 1 – наблюдатель; 2 – здание; 3 – затеняемая область неба; А – угол вертикального затенения, образуемый горизонтальными краями зданий; Б и В – углы горизонтального затенения, образуемые вертикальными краями зданий

На рис. 4.30,е приведена полная контурная сетка картограммы затенения.

Картограммы светопроемов строятся с использованием тех же закономерностей, но смысл противоположный: картограмма светопроема определяет ту часть небосвода, которая видна из этого светопроема.

Рассмотрим случай построения углов светопроемов на конкретном помещении. Под термином «конкретный» понимается помещение с реальными проектными размерами комнаты, лоджии, размерами окна, толщины стены и пр. Углы затенения зависят от реальных проектных размеров.

На рис.4.31 в определенном масштабе приведены разрез (а) и план (б) помещения и приведено построение вертикальных (на разрезе) и горизонтальных (на плане) углов затенения. Найденные углы затенения перенесены на картограммы (рис.4.31,в и г).

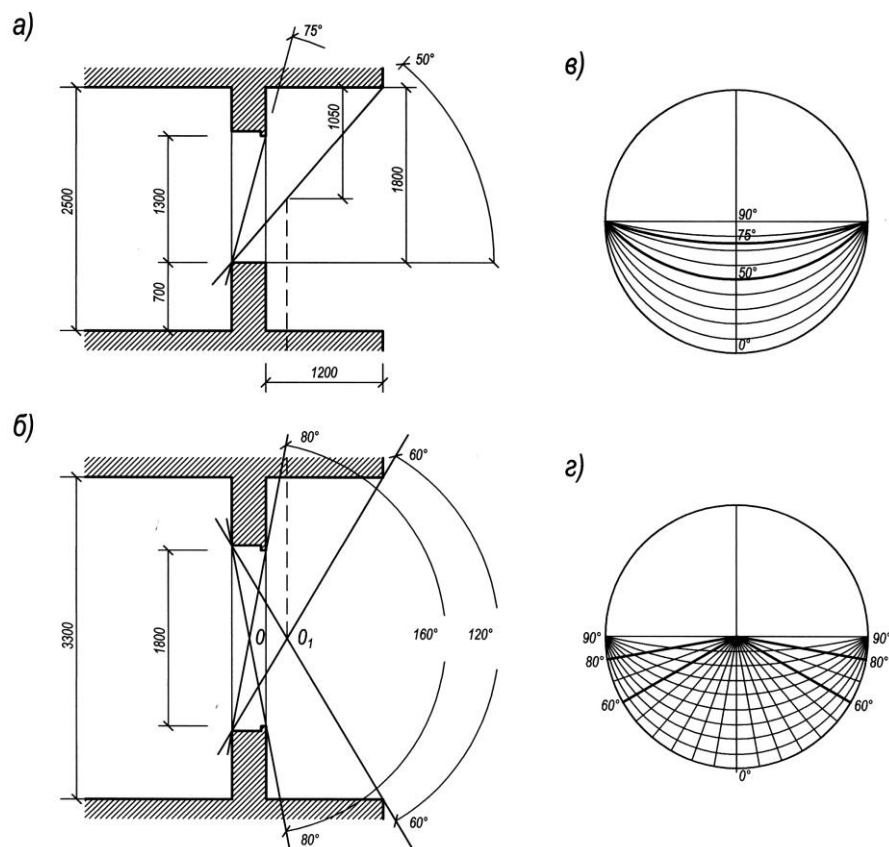


Рис. 4.31. Построение углов затенения светопроема: а) разрез; б) план; в) угол вертикального затенения; г) угол горизонтального затенения



Рис. 4.32. Картограмма затенения светопроема окна (1) и лоджии (2)

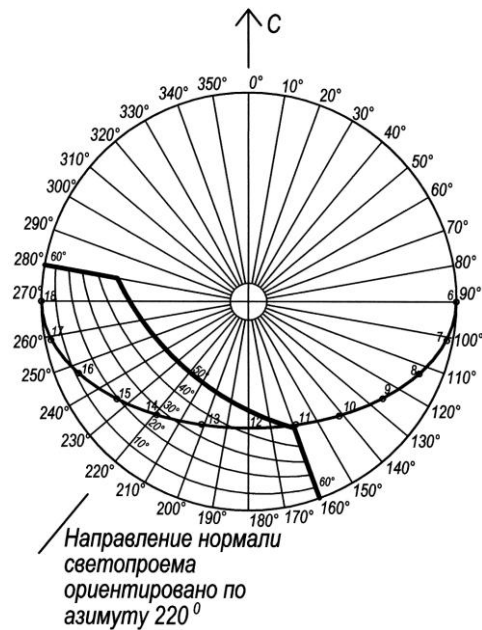


Рис. 4.33. Солнечная карта, совмещенная с картограммой затенения лоджии

Перенеся найденные вертикальные и горизонтальные углы затенения на единую контурную сетку картограммы (см. рис. 4.30,е), получим картограмму светопроема от лоджии и оконного проема (рис. 4.32). Незаштрихованная часть картограммы показывает, какую часть небосвода видно из данного светопроема. Однако, это еще не означает, что в этой части небосвода обязательно окажется солнце. Это зависит от ориентации окна по странам света. Для определения продолжительности инсоляции рассматриваемого помещения, необходимо картограмму затенения светопроема (рис. 4.32) с учетом ориентации окна, наложить на солнечную карту, выполненную в том же масштабе, рис. 4.33. Можно видеть, что солнце окажется в видимом из окна участке небосвода с 11.00 до 18.00, то есть продолжительность инсоляции – 7 часов. Продолжительность инсоляции данного помещения будет значительно изменяться при другой ориентации окна, рис. 4.34.

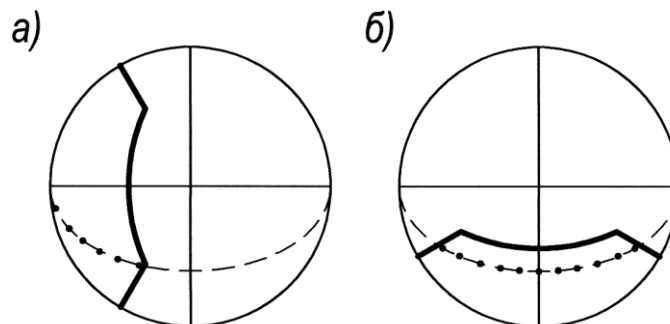


Рис.4.34. Изменение продолжительности инсоляции помещения через лоджию при изменении ориентации здания: а – окно ориентировано на запад, б – окно ориентировано на юг

4.5 Снегозаносы городских территорий и их учет в градостроительном проектировании

Снежные заносы в городах затрудняют эксплуатацию городских территорий, транспортных магистралей, подъездов и подходов к зданиям.

В связи с этим, проекты планировки и застройки городских территорий должны учитывать не только летнюю ситуацию (функциональные требования, дизайн городской среды), но также и вероятность снегозаносов территории в зимнее время. В этом случае, мероприятия по защите от холодных ветров городских территорий в зимний период года напрямую связаны с образованием сугробов.

Отложение снега при метелях, и образование сугробов связано с потерей скорости ветра за препятствием (см. разд. 2.4.2). В городской среде препятствием являются здания, сооружения, малые формы, ограды, зеленые насаждения, складки рельефа и т.п. То есть такие объекты, которые тормозят ветровой поток. Таким образом, все мероприятия по защите от ветра (см. разд. 4.3) в той или иной степени приводят к снегоотложениям. В общем случае границы ветровой тени являются границами снегоотложений.

Рекомендуемые планировочные решения микрорайонов для защиты от ветра (табл. 4.5) или усиления продуваемости застройки (табл. 4.6) характеризуются коэффициентами продуваемости k (коэффициент скорости ветра), через которые можно оценить увеличение или уменьшение скорости ветра в застройке по сравнению с ее значениями по данным метеостанций. Реальные скорости ветра в застройке и определяют объемы снегопереноса и образование сугробов.

Рассмотрим основные закономерности снегоотложения у зданий (рис. 4.35).

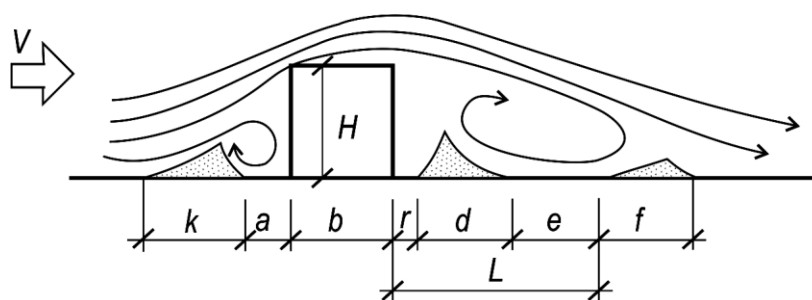


Рис. 4.35. Основные параметры снегоотложений у здания:
a – зона выдувания перед зданием; *b* – размер здания в направлении ветра; *c* – зона I выдувания за зданием; *d* – зона I отложения снега за зданием; *e* – зона II выдувания за зданием; *f* – зона II отложения снега за зданием; *k* – зона снегоотложения перед зданием; *L* – зона завихрения за зданием;
H – высота здания

Основные параметры снегоотложений у здания состоят из нескольких зон. Перед зданием существуют зоны выдувания снега (**a**) и зона отложения снега (**k**). За зданием существует несколько зон: зона I и зона II. В каждой из этих зон существуют как участки выдувания снега (**c**) и (**e**), так и участки отложения снега (**d**) и (**f**). Формирование отдельных участков за зданием определяется зоной завихрения за зданием (**L**).

Изучение этого вопроса показало, что размеры участков выдувания или отложения снега, как перед зданием, так и за зданием зависят от множества факторов. Определяющими факторами являются геометрические параметры здания и скорость ветра [глб].

С увеличением высоты здания **H** увеличивается зона выдувания перед зданием – **a** (рис. 4.36), причем отношение **a/H** остается практически постоянным и равным 0,8. Таким образом, зона перед зданием, свободная от заносов, может быть определена по формуле **a = 0,8 H**. Например, для 9-этажного здания высотой 30 м, зона **a** где вполне могут разместиться незаносимые снегом проезды, проходы и входы в здание, будет равна 24 м.

Изменение протяженности здания по направлению ветра, рис. 4.37, практически не изменяет зону выдувания перед зданием – **a**. При протяженности здания больше **2H**, практически исчезает зона I выдувания за зданием и резко сокращается зона II выдувания за зданием – **e**.

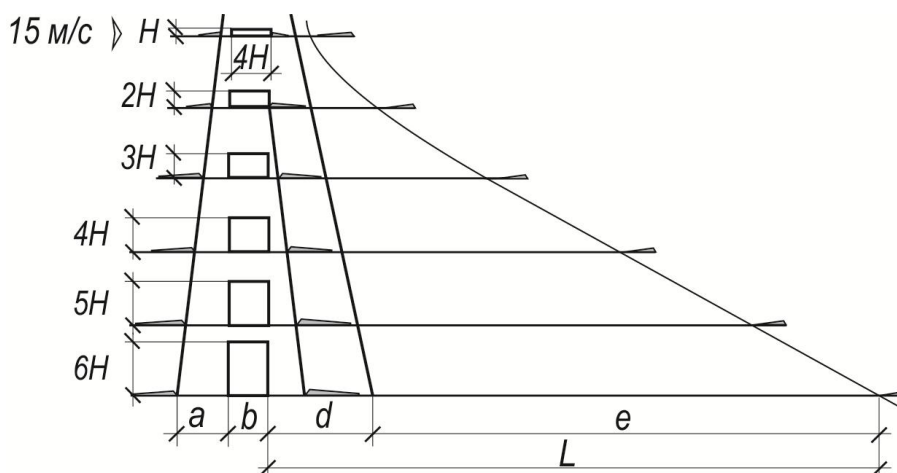


Рис. 4.36. Влияние высоты здания на параметры снеготранспорта ($H=6 \text{ м}$, $v = 15 \text{ м/с}$)

При достижении протяженности здания $6H$ зона **e** становится сопоставима с зоной **a**. Данные рис. 4.37 вполне согласуются с рис. 4.8 по протяженности ветровой тени за зданием различной протяженности в направлении потока ветра.

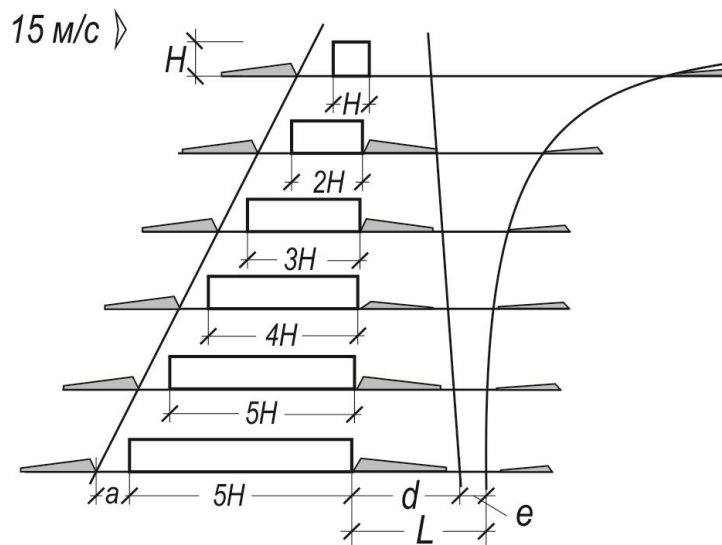


Рис. 4.37. Влияние протяженности здания в направлении ветра на параметры снеготаносов ($H = 6$ м, $v = 15$ м/с)

С увеличением скорости ветра возрастает зона выдувания перед зданием – **a**, зона I выдувания за зданием – **c** практически не изменяется с ростом скорости ветра. Зона II выдувания за зданием – **e** резко растет при увеличении скорости ветра более 10 м/с, причем у «коротких» зданий (рис.4.38,а) это проявляется сильнее, чем у «длинных» (рис. 4.38,б). Зона **d** – снеготаносложение за зданием – снижается с увеличением скорости ветра.

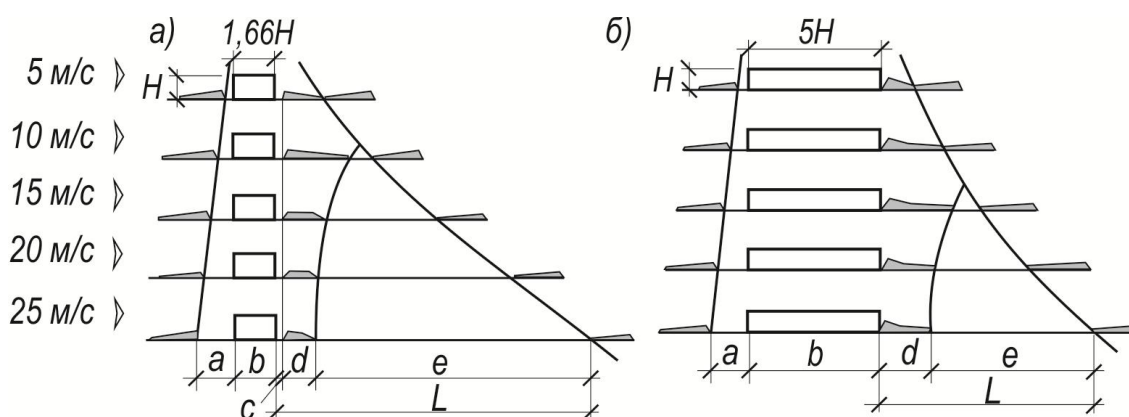


Рис. 4.38. Влияние скорости ветра на параметры снеготаносов у коротких (а) и длинных (б) зданий ($H=7,2$ м, $v = 5 \div 25$ м/с)

Рис. 4.36 – 4.38 выполнены в определенном масштабе, что позволяет оценить реальные масштабы снеготаносложений в застройке.

Характер снеготаносложений вокруг здания в плане менее изучен, чем «в разрезе». Вместе с тем можно выделить общие закономерности: образование сугробов перед зданием, у боковых фасадов, примыкающих к

наветренному фасаду и за зданием, рис. 4.39. Аналогичные данные приведены в [9].

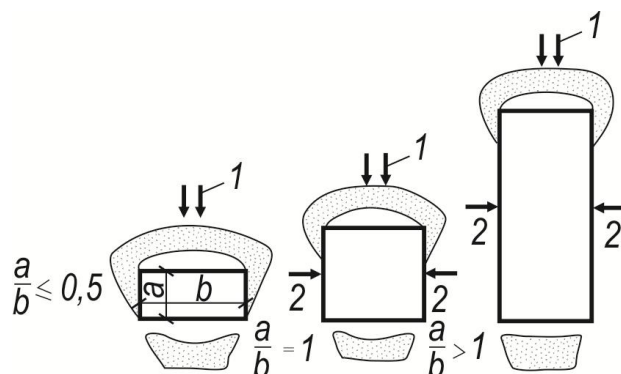


Рис.4.39. Характер снегоотложений у зданий с различным соотношением длины и ширины.

1 – направление снеговетрового потока; 2 – рекомендуемое расположение входов в здание

Зависимость участков снегоотложений или выдувания у зданий исследованы в работах Ионова Ю.Н. [13]. На рис. 4.40 приведены зависимости размеров участков a , k , ℓ , $c+d$ от отношения поперечного размера здания L к его высоте H (L/H до 8-10) участки снегоотложения и выдувания стремятся к пределу. Это дает основу для прогнозирования объемов снеготранспорта у зданий.

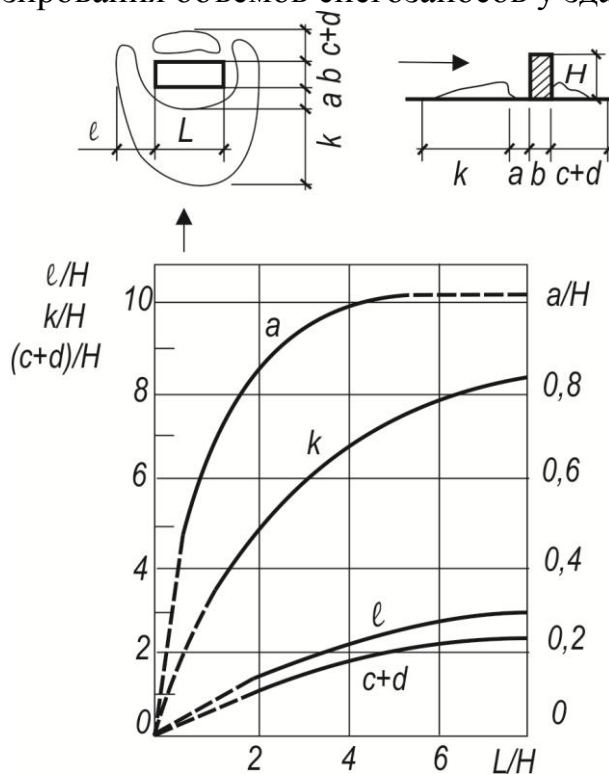


Рис. 4.40. Зависимость размеров зон снегоотложения от параметров здания L и H . (наименование зон a , b , c , d и т.д. - см. рис.4.35)

Проведенный анализ снегоотложений у зданий позволяет оценить ситуацию в городской среде в зимний период и разработать мероприятия по снижению снеготранспорта в городской среде или учесть геометрию снеготранспорта при трассировке пешеходных и транспортных путей. Так например, дороги и тротуары следует размещать с наветренной стороны, непосредственно у здания (зона а). Входы в здание рекомендуется размещать с наветренной стороны (в зоне а) или на сторонах, параллельных ветровому потоку. Городские транспортные магистрали рекомендуется размещать в зоне выдувания за зданием (зона е), где объемы снегоотложений будут минимальными. По этим же принципам должны определяться параметры и расположение снегозащитных посадок (или устройств) для защиты транспортных магистралей от снеготранспорта.

4.6 Улучшение микроклимата городских территорий средствами озеленения

Озеленение городских территорий является действенным средством повышения комфортности городской среды. Зеленые насаждения поглощают солнечную радиацию и, вследствие этого, снижают температуру воздуха и перегрев территорий, уменьшают скорость ветра на территории застройки, а при определенной системе озеленения – могут вызывать местные охлаждающие ветры. В летнее время при испарении влаги листьями зеленых насаждений повышается влажность воздуха. Зеленые посадки заданной структуры и плотности снижают уровень городских шумов. Наряду с трансформацией климатических факторов, зеленые насаждения поглощают углекислый газ и выделяют кислород, вырабатывают фитонциды и отрицательно заряженные ионы, поглощают пыль, и вредные газы, вследствие этого очищают и оздоравливают городской воздух.

Перечисленное влияние зеленых насаждений на улучшение микроклимата городской среды возможно лишь при рационально выполненной системе озеленения. Под рациональной системой озеленения следует понимать такое размещение в генплане города зеленых полос, скверов, бульваров, парковых и лесопарковых зон, которые, с одной стороны, учитывают рельеф, ландшафт и климатические характеристики местности, с другой стороны – планировочную структуру застройки городских территорий, трассировку транспортных и пешеходных путей, размещение жилых микрорайонов, детских, школьных и медицинских учреждений.

Наряду с размещением зеленых зон и посадок в генплане города, весьма важными являются габариты зеленых полос (длина, ширина и высота), их конструкция (характер кроны, степень ажурности или

плотности посадки только по кронам дерева или по всей высоте посадки) и разновидности пород деревьев и кустарников.

Сочетанием параметров зеленых посадок и зон можно регулировать те или иные климатические факторы в городской среде.

Планируя зеленое строительство на городских территориях, следует также принимать во внимание рекомендации СНиП 2.07.01 – 89* «Градостроительство ...» [57]. «В городах следует предусматривать, как правило, непрерывную систему озелененных территорий». «Удельный вес озелененных территорий различного назначения должен быть не менее 40%, а в границах территории жилого микрорайона – не менее 25%». «В городах с промышленными предприятиями, требующими санитарно-защитные зоны шириной 1 км, уровень озеленения застройки следует увеличивать не менее, чем на 15%».

В привязке к населению городов СНиП, 2.07.01-89* дает следующие рекомендации: площадь озелененных территорий микрорайонов следует принимать не менее 6 м²/чел (без участков школ и детских дошкольных учреждений). Для северных климатических районов и подрайонов, как правило, севернее 58° с.ш. эта норма может быть уменьшена до 5 м²/чел и даже до 3 м²/чел.

Озелененные территории общего пользования (парки, сады, скверы, бульвары) нормируются для крупных и средних городов через общегородские площади зеленых посадок и площади жилого района. Так, для крупных городов эта норма составит 10 м²/чел и 8 м²/чел, а для средних городов – 7 м²/чел и 6 м²/чел соответственно. Следует обратить внимание на тот факт, что для крупных городов норма площади озелененных территорий выше, чем для средних.

Солнечная радиация и радиационный режим. Эффективность снижения теплового воздействия солнечной радиации зависит от плотности посадки деревьев и кустарников, плотности кроны дерева и его породы. Плотные кроны лиственных пород могут задерживать до 95% солнечной радиации. Негативное тепловое воздействие солнечной радиации может проявляться не только от воздействия прямой радиации солнца, но также отраженной от нагретых стен зданий и асфальтовых покрытий. Так, например, человек, находящийся на асфальтовом покрытии с температурой 70°С и вблизи стены с температурой 65°С (что характерно для южных городов) испытывает дополнительное радиационное воздействие отраженной радиации 0,45 кал/(см²·мин) (от стены) и 0,48 кал/(см²·мин) (от асфальтового покрытия), что эквивалентно прямому солнечному облучению [37]. То есть тепловое воздействие на человека, находящегося на асфальтовом покрытии вблизи прогретой стены, практически удваивается. Если человек при данном солнечном облучении находится на газоне, то дополнительное тепловое облучение за счет отражения от газона будет в три раза ниже и составит всего 0,16

кал/(см²·мин), а если человек будет находится на покрытии из плит по газону (с температурой 40⁰ С) и вблизи стены(с температурой 35⁰С), покрытой вьющимися растениями, то дополнительная отраженная радиация составит 0,26 и 0,16 кал/(см²·мин), соответственно, [37], рис.4.41.

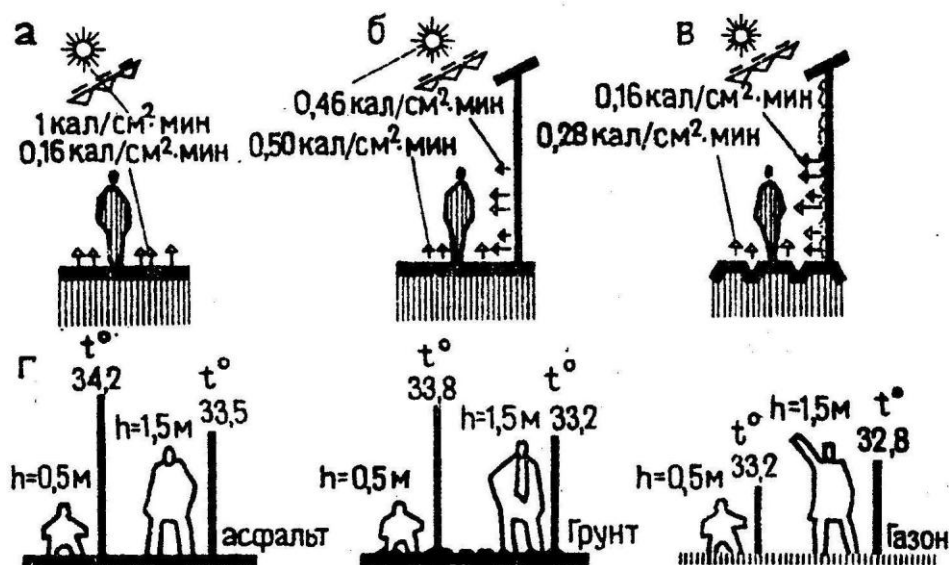


Рис.4.41. Радиационный режим на отдельных участках жилой застройки:

а – газонное покрытие; б – асфальтовое покрытие ($t=70^{\circ}\text{C}$), облучаемая стена ($t=65^{\circ}\text{C}$); в – покрытие из плит ($t=40^{\circ}\text{C}$), облучаемая стена, покрытая вьющимися растениями ($t=35^{\circ}\text{C}$); г – температура воздуха над различными поверхностями высота 0,5 и 1,5 м (при скорости ветра 1,5 м/с)

Таким образом, рационально подобранные породы деревьев и кустарников и заданная система озеленения могут значительно снизить тепловое воздействие солнечной радиации и тем самым повысить комфорт городской среды.

Тепловой режим городской среды определяется температурой воздуха, температурой поверхностей зданий, дорожных и тротуарных покрытий, облучаемых солнцем, а также скоростью воздушных потоков. В предыдущем разделе (табл. 4.2) показано, что покрытия дорог могут нагреваться до 40-80⁰С, в силу чего вблизи каменных поверхностей тепловое воздействие на человека может быть значительным. При удалении от каменных поверхностей температура воздуха и тепловое воздействие снижается. Из табл. 4.2 и рис. 4.41 видно, что температура над твердыми покрытиями на высоте 0,5 м (дыхание ребенка) и 1,5 м (дыхание взрослого) различаются на десятки градусов, причем это зависит от вида покрытия.

Прогретые солнцем стены зданий излучают тепло. Это тепло распространяется от стены на некоторое расстояние в зависимости от

степени прогрева, что также связано с ориентацией фасада. Наиболее прогретыми оказываются фасады юго-западной и западной ориентации, от этих фасадов тепло распространяется на 7-10 м. Фасады южной ориентации распространяют тепло на 4-5 м.

Это обстоятельство следует учитывать при планировке жилых районов. Пешеходные дорожки и детские площадки, размещенные вдоль прогретых поверхностей зданий, будут находиться в зоне дискомфорта. Рациональнее их размещать не ближе 4-10 м, в зависимости от ориентации фасада. В аналогичную зону дискомфорта попадают пешеходные дорожки, совмещенные с городскими магистралями, которые являются источником дополнительного теплового излучения после поглощения солнечной радиации в течение дня.

Зеленые насаждения, поглощая солнечную радиацию, снижают температуру воздуха в зоне посадки на 4-8⁰С. Подобное снижение температуры воздуха будет только в том случае, если участки зеленых насаждений продуваются ветром. В связи с этим проектировщику приходится решать важный вопрос о плотности посадки деревьев и кустарников в зонах озеленения городских территорий в зависимости от решаемой задачи – снижения температуры воздуха или защиты от ветра. Для снижения температуры воздуха на озелененных территориях ветер должен продувать зеленые зоны, следовательно, посадки деревьев и кустарников должны быть достаточно редкими, в то время как для защиты жилых районов от ветра плотность зеленых насаждений должна быть высокой.

Зеленые массивы снижают температуру воздуха не только на озелененных территориях, но и на территориях города, непосредственно примыкающим к зеленым массивам. Установлено, что на расстоянии до 100 м от массивов зеленых посадок температура воздуха остается на 1-2⁰С ниже, чем на открытых городских территориях без посадок.

Влажность воздуха. Жизнедеятельность зеленых насаждений обеспечивается движением питательных веществ и воды от корней к кронам. Происходит испарение влаги с поверхности листьев деревьев и кустарников, в результате чего на 10-20 % повышается относительная влажность воздуха на озелененных территориях. Причем (по аналогии с температурой воздуха), влажность воздуха повышается не только в зонах посадки зеленых насаждений, но и на участках, непосредственно примыкающих к зеленым зонам. По данным Шакурова И.С. [40] на расстоянии до 500 м от зеленого массива относительная влажность поддерживается на 8-20 % выше, чем вдали от озелененных территорий.

Ветровой режим городских территорий успешно регулируется различными системами зеленых посадок. Ветрозащитный эффект зеленых посадок зависит от их продуваемости, или ажурности. Наибольшую дальность защитного действия имеют продуваемые конструкции

(с продуваемостью внизу) – до 50-60 высот деревьев. Зеленые полосы с ажурностью 30-40 % имеют меньшую защитную дальность – 45-50 высот деревьев, а зеленые полосы непродуваемой конструкции – 35-40 высот [37].

Скорость ветра у продуваемых и непродуваемых зеленых полос также будет различна: у продуваемых полос скорость ветра снижается незначительно, а у непродуваемых падение скорости будет большим. Этот факт следует использовать, организуя непродуваемые зеленые посадки у пешеходных дорожек и игровых площадок. Если же требуется защитный эффект зеленых посадок распространить на большое расстояние, то более эффективными окажутся полосы продуваемых конструкций.

На рис. 4.42 [37] показано снижение скорости ветра полосами зеленых насаждений различных конструкций и плотности. Можно видеть, что у непродуваемых посадок (кривая 3) скорость ветра резко падает в зоне посадки, в то время как у продуваемых посадок (различной степени продуваемости, кривые 1, 2, 4) падение скорости ветра в зоне посадки менее выражено, но восстановление первоначальной скорости ветра идет медленнее. То есть эффект торможения скорости ветра распространяется на большее расстояние.

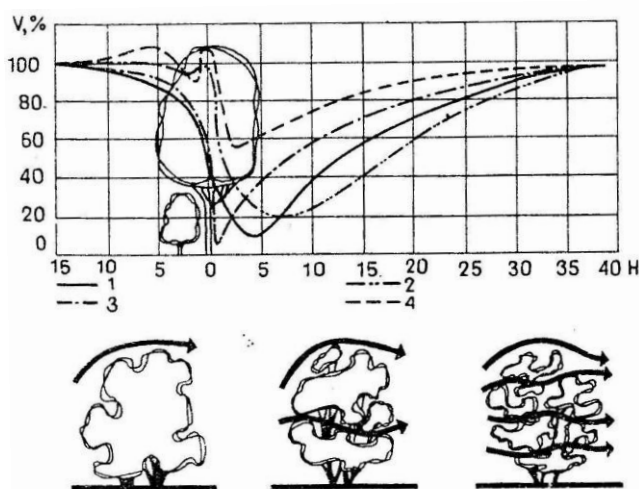


Рис.4.42. Снижение скорости ветра, полосами зеленых насаждений различной степени продуваемости. 1 – ажурный внизу, густойверху; 2 – ажурныйверху, редкийвнизу; 3 – густойверху и внизу; 4 – редкийверху и внизу

В центре зеленых массивов шириной 300-500 м скорость ветра падает до нуля и наступает полный штиль. Этот факт следует использовать для размещения школ и дошкольных учреждений в центральных зонах зеленых массивов шириной до 1 км.

Полосы зеленых насаждений определенной конструкции позволяют регулировать не только ветровой режим, но и позволяют регулировать перемещение снега и снеготаносы. Причем следует отметить, что полосы

зеленых насаждений одной и той же конструкции будут по-разному проявлять себя в ветрозащитном и снегозащитном действии.

Наряду с улучшением микроклимата городских территорий, зеленые насаждения существенно улучшают качество окружающей среды. Прежде всего, деревья и кустарники поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Показано, что гектар городских зеленых насаждений поглощает в час 8 кг углекислого газа, т.е. столько, сколько его выделяют при дыхании за это же время 200 человек [37]. Один гектар зеленых насаждений уменьшает концентрацию пыли в воздухе на 30-40% за счет того, что отфильтровывает 50-70 тонн пыли в год [37].

Под влиянием растительности в воздухе повышается число отрицательно заряженных ионов – до 2-3 тыс. в 1 см³, что значительно оздоравливает воздух. Растения и кустарники, особенно хвойные, выделяют огромное количество фитонцидов, которые играют роль витаминов для человека и обеззараживают воздух за счет уничтожения бактерий.

ЛИТЕРАТУРА

А. Научная и учебная литература

1. Аронин Д.Э. Климат и архитектура. Пер. с англ. – М.: ГСИ, 1959 г. – 250 с.
2. Архитектурная физика: Учебн. для вузов/ В.К. Лицкевич, Л.И. Макриненко, И.В. Мигалина и др.; Под ред. Н.В. Оболенского. – М.: СИ., 2001. – 448 с.
3. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. Пер. с нем. – М.: Техносфера, 2004 г. – 480 с.
4. Блинов В.А., Захарикова Г.М. Архитектурная климатология в курсовом и дипломном проектировании. Методические разработки. – Екатеринбург: Урал ГАХА, 2002. – 52 с.
5. Блинов В.А. Архитектурная климатология в градостроительном проектировании: Учебное пособие. – Москва: МАрХИ, 1977, 105 с.
6. Вопросы строительства в условиях жаркого климата: Пособие по курс. проект. – М.: Унив. дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 1966. – 128 с.
7. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий// строительные материалы, 2010, №3. С.8–16.
8. Гамбург П.Ю. Расчет солнечной радиации в строительстве. – М.: СИ 1966. – 140 с.
9. Горячев Л.Б. Планировка промышленных предприятий в районах с большими снежными заносами.// Промышленное строительство, 1970, №8, С.22–24.
10. Данциг Н.М. Обоснование гигиенических требований к инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных мест.// Гигиена и санитария, №5, 1968, С.18–22.
11. Дунаев Б.А. Инсоляция жилища. – М.: СИ, 1979 г., 104 с.
12. Заварина М.В. Строительная климатология. Л., Гидрометеиздат, 1976 г., 312 с.
13. Ионов Ю.Н. Оценка снегоотложений в жилой застройке на территории тимано-печерского ТПК// Градостроительство, жилые и общественные здания на севере. – Л., 1981.
14. Каспэ И.Б. Физико-технические основы строительного проектирования. Учебное пособие. М.: Университет дружбы народов, 1967. – 169 с.
15. Коваленко П.П., Орлова Л.Н. Городская климатология: Учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1993. – 144 с.

16. Круглова А.И. Климат и ограждающие конструкции, СИ, М.: 1970 г., 166 с.
17. Куприянов В.Н. Строительная климатология и физика среды: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2007. – 114 с.
18. Куприянов В.Н., Халикова Ф.Р. К исследованию инсоляции жилых помещений// Журнал РААСН АCADEMIA Строительство и архитектура, 2010, №3 – С.477 – 481.
19. Курганов А.М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения: Справочное пособие. – М.: СИ, 1984 . – 111 с.
20. Лицкевич В.К. Жилище и климат. – М.: СИ, 1984. – 288 с.
21. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – М.: НИИСФ, 2008 г., – 496 с.
22. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. Гордеев В.Н. и др. Под ред. А.В. Перельмутера. – 3е изд., переработанное. – М.: Изд-во С, 2009. – 528 с.
23. Павлова М.Д. Практикум по агрометеорологии. Учебное пособие. изд. 2-е перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 168 с.
24. Полуй Б.М. Архитектура и градостроительство в суровом климате (экологические аспекты). Учебное пособие. – Л.: СИ, 1989 г. – 270 с.
25. Рекомендации по методике Строительно – климатической паспортизации городов для жилищного строительства, ЦНИИЭП жилища, М.: 1981, 36 с.
26. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. – М.: СИ, 1968 – 240 с.
27. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки, ЦНИИЭП градостроительства. – М.: Стройиздат, 1986. – 59 с.
28. Руководство по теплобалансовым наблюдениям. Л.: Гидрометеиздат, 1977.
29. Русин Н.П. Прикладная актинометрия, - Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 232 с.
30. Семашко К.И. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. – М.: 1986.
31. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки.– М.: СИ, 1972. –112 с.
32. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. Пер. с англ. – М.: СИ, 1984. – 360 с.
33. Справочник по климату СССР. 4.1–5. Вып. 1.34. Л.: Гидрометеиздат, 1968 – 1972.
34. Фокин К.Ф. Расчетные температуры наружного воздуха. М.: Стандартгиз, 1946.
35. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е перераб. и доп. М.: СИ, 1973. – 287 с.

36. Холщевников В.В. Луков А.В. Климат местности и микроклимат помещений. Учебное пособие. – М.: Изд. АСВ, 2001 г. – 200 с.
37. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. Учебник для вузов. – М.: СИ, 1988. – 272 с.
38. Швецов К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями: Учебное пособие. – М.: ВШ, 1986. – 232 с.
39. Шукуров И.С. Влияние материалов деятельной поверхности на оздоровление окружающей среды жилой застройки// Гигиена и санитария, №1, 2006, С. 60-61.
40. Шукуров И.С. Формирование ветротеплового режима жилой застройки южных городов. Автореферат дис. докт. наук, МГСУ, 2007 г.

Б. Нормативная литература

41. Урочное положение. Составитель инженер-архитектор Де - Рошефор Н.И., Санкт-Петербург, 1912 г., 694 с.
42. Правила и нормы застройки населенных мест, проектирования и возведения зданий и сооружений. Утверждены Строительной Комиссией Экономического Совета РСФСР в январе 1930 г. М., 1930.
43. Основные строительные нормы. Температуры расчетные, ОСТ/ВКС 6233, М., 1933 г.
44. Основные строительные нормы. – Жилые здания. Комитет стандартов ВСНХ при ЦИК СССР, 1934.
45. Временные строительные правила для жилых, общественных, административных и коммунальных зданий. Комитет норм и стандартов Народного Коммисариата коммунального хозяйства РСФСР, 1935.
46. Нормы и данные для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций производственных и гражданских зданий текстильной промышленности, ч. I, Основные положения, М., 1937 г., 63 с.
47. Временные нормы строительного проектирования жилых зданий. Бюро стандартизации Наркомзема РСФСР, 1938 г.
48. Нормы определения теплотерь через ограждения зданий и расчетных температур, ОСТ 90008 – 39, Стройиздат Наркомстроя, М., 1939 г., 51 с.
49. Нормы проектирования жилых зданий. Академия архитектуры СССР, М., 1948.
50. СНиП II – А.6–72 «Строительная климатология и геофизика», 1973 г.
51. СНиП 2.01.01 – 82 «Строительная климатология и геофизика».
52. СНиП 23-01.99*, «Строительная климатология», 2004 г.

53. Руководство по строительной климатологии (пособие по проектированию, - М.: СИ, 1977 г. – 328 с. (НИИСФ).
54. СНиП II – 6-74 «Нагрузки и воздействия», Нормы проектирования, 1976 г.
55. СНиП 2.01.07-85, «Нагрузки и воздействия», 1987 г.
56. Указания по проектированию внутренних водостоков зданий, СН 264-63, М.: СИ, 1964 г. – 44 с.
57. СНиП 2.07.01 – 89 «Градостроительство, планировка городских и сельских поселений», 1990 г.
58. СНиП 2.08.01 – 89* «Жилые здания», 1995 г.
59. СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные», 2003 г.
60. ГОСТ 12.1.005 – 88, Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
61. ГОСТ 30494 – 96, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
62. СанПиН 2.1.2.1002 – 00, «Санитарно – эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям», 2001 г.
63. СанПиН 2.1.6.1032 – 01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест», 2001 г.
64. СанПиН 2.2.4.1294 -03 «Гигиенические требования к аэроному составу воздуха производственных и жилых помещений», 2003 г.
65. СН 427 – 63. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляции помещений жилых и общественных зданий и жилой застройки населенных мест: приняты и введ. Минздравом СССР 221.03.63.
66. СН №1180 – 74. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки городов и других населенных пунктов.
67. СП №2605 – 82. Санитарные нормы и правила обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки: приняты и введ. Минздравом СССР 02.07.82.
68. ТСН 23-303-98. Инсоляция и солнцезащита: приняты и введ. 23.12.97: взамен МГСН 2.05 – 97: дата введ. 23.12.97.
69. МГСН 2.05-99. Инсоляция и солнцезащита: приняты и введ. Правительством г. Москвы от 23.03.99: взамен МГСН 2.05.97.
70. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий», 2002.
71. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99*/Под ред. Чл. Корр. Савина В.К, М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006. – 258 с.
72. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

- 73. ТСН 40-302-2001 Московской области (ТСН ДК-2001 МО) Дождевая канализация. Организация сбора, очистки и сброса поверхностного стока.
- 74. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003 г.

Оглавление

Введение.....	3
Раздел I Климат, погода, формирование метеорологической информации.....	4
1.1 Основные понятия о климате.....	4
1.2 Связь климатологии и экологии города.....	8
1.3 Краткая история разработки климатических нормативов для строительства.....	9
1.4 Формирование метеорологической информации.....	13
Раздел II Основные климатические факторы.....	23
2.1 Солнечная радиация.....	23
2.2 Температура воздуха.....	32
2.3 Влажность воздуха.....	38
2.4 Атмосферные осадки и снежный покров.....	43
2.4.1 Дожди и их учет в проектировании и строительстве.....	44
2.4.2 Снежный покров, метели, снегозаносы.....	55
2.5 Ветровой режим.....	61
2.6 Оценка «круга горизонта» по климатическим факторам.....	69
Раздел III Строительно-климатическое районирование территории страны.....	71
3.1 Климатическое и геофизическое районирование для градостроительства.....	73
3.2 Климатическое районирование для строительства.....	75
3.3 Климатическое районирование для типизации жилища и архитектурные средства преобразования среды.....	82
Раздел IV Климатология города.....	91
4.1 Основные отличия климата города от климата окружающей местности..	91
4.2 Тепловой комфорт городской среды.....	92
4.3 Ветровой режим городских территорий.....	98
4.3.1 Защита городских территорий от ветра.....	102
4.3.2 Усиление проветривания в застройке.....	105
4.3.3 Статистика ветрового режима города.....	106
4.3.4 Ветровой комфорт и дискомфорт в пешеходных зонах города.....	110
4.4 Инсоляция городской застройки.....	114
4.4.1 Санитарно – гигиенические основы и нормирование инсоляции..	114
4.4.2 Видимое движение солнца по небесной сфере и солнечные карты	118
4.4.3 Солнечные линейки, их построение и использование.....	121
4.4.4 Построение теней от зданий и расчеты продолжительности инсоляции территорий и фасадов зданий.....	124
4.4.5 Расчет продолжительности инсоляции помещений.....	127
4.5 Снегозаносы городских территорий и их учет в градостроительном проектировании.....	131
4.6 Улучшение микроклимата городских территорий средствами озеленения	135
Литература.....	141

Куприянов Валерий Николаевич

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Учебное пособие

Дизайн обложки Иванцов А.И.