

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2026. № 1. С. 34–48.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 551.582+771.551.58

DOI: 10.22227/2311-1518.2026.1.34-48

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

Адхам Иминжанович Гиясов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация

Ускоряющееся потепление климата и усиление эффекта городского теплового острова увеличивают тепловую нагрузку на население, инфраструктуру и экосистемы городов. В статье предложены методологическая рамка комплексной оценки теплового состояния городской среды и механизмы ее интеграции в градостроительные решения.

Целью исследования является разработка многоуровневой модели интегральной оценки влияния природно-климатических факторов на условия теплового и микроклиматического комфорта в городской среде на основе биоклиматических критериев. Задача исследования — разработка модели интегральной оценки природно-климатических факторов в архитектурно-градостроительной среде на основе биоклиматических критериев и индексов.

На основе биоклиматических критериев проведен анализ природно-климатических факторов теплового периода года, значимых для задач градостроительства.

В исследовании применен метод биоклиматической оценки, учитывающий тепловую реакцию человека на окружающую среду, что имеет ключевое значение для архитектурно-строительного проектирования и градостроительного планирования в жарких южных регионах.

Приведен пример построения биоклимаграммы для оценки теплового режима городской среды. По биоклимаграмме, отражающей периоды с различными тепловыми условиями и их продолжительность, определяется общий тепловой режим города и формулируются градостроительные требования для регулирования городского микроклимата.

Определены критерии комплексной оценки теплового состояния среды и процедура оценки теплового воздействия на человека. Предложенный подход может быть адаптирован к городам различных климатических зон и уровней доступности данных. Сформулирована методика оценки биоклиматических условий открытых городских пространств, в рамках которой тепловые условия классифицируются в зависимости от степени благоприятности использования открытых пространств для различных функциональных целей и от необходимости применения градостроительных средств улучшения биоклимата.

В итоге сформулированы методические указания по учету природно-климатических факторов в градостроительстве, основанные на комплексе санитарно-гигиенических критериев и графо-аналитических методах оценки.

Работа выполнена по научной проблеме «Биосферная совместимость», по аспектам «Изменение климата» и «Жилье и городская среда».

Ключевые слова: биоклимаграмма, городской тепловой остров, тепловая нагрузка, микроклимат, тепловое состояние человека, градостроительство, городская застройка, городская морфология

Благодарности. Работа выполнена согласно плану научно-исследовательских работ кафедры Архитектурно-строительного проектирования и физики среды Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) в рамках темы «Функция, конструкция, среда в архитектуре зданий и городов» и научной проблемы «Биосферная совместимость», по аспектам «Изменение климата» и «Жилье и городская среда».

Для цитирования: Гиясов А.И. Модель оценки природно-климатических факторов в архитектурно-градостроительной среде на основе биоклиматических критериев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2026. № 1. С. 34–48. DOI: 10.22227/2311-1518.2026.1.34-48

A MODEL FOR ASSESSING NATURAL AND CLIMATIC FACTORS IN THE ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING ENVIRONMENT BASED ON BIOCLIMATIC CRITERIA

Adham I. Giasov

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation

Accelerating global warming and the strengthening of the urban heat island effect are increasing the heat load on the population, infrastructure, and ecosystems of cities. This article proposes a methodological framework for a comprehensive assessment of the thermal state of the urban environment and mechanisms for integrating it into urban planning decisions.

The aim of the study is to develop a multi-level model for the integrated assessment of the impact of natural and climatic factors on thermal and microclimatic comfort conditions in the urban environment based on bioclimatic criteria.

The objective of the study is to develop a model for the integrated assessment of natural and climatic factors in the architectural and urban planning environment based on bioclimatic criteria and indices.

Using bioclimatic criteria, an analysis of natural and climatic factors of the warm season, significant for urban planning, was conducted.

The study uses a bioclimatic assessment method that takes into account the human thermal response to the environment, which is of key importance for architectural and construction design and urban planning in hot southern regions. An example of constructing a bioclimagram for assessing the thermal regime of an urban environment is presented. Using a bioclimagram that reflects periods with different thermal conditions and their durations, the overall thermal regime of a city is determined and urban planning requirements for regulating the urban microclimate are formulated.

Criteria for a comprehensive assessment of the thermal state of the environment and a procedure for assessing thermal impact on humans are defined. The proposed approach can be adapted to cities with different climatic zones and data availability levels.

A methodology for assessing the bioclimatic conditions of open urban spaces is formulated, within which thermal conditions are classified based on the degree of favorability of open spaces for various functional purposes and the need for urban planning measures to improve the bioclimate.

As a result, methodological guidelines for considering natural and climatic factors in urban planning are formulated, based on a set of sanitary and hygienic criteria and grapho-analytical assessment methods.

This work is based on the scientific problem "Biosphere Compatibility" and the aspects "Climate Change" and "Housing and the Urban Environment".

Keywords: bioclimagram, urban heat island, heat load, microclimate, human thermal state, urban planning, urban development, urban morphology

Acknowledgements. *The work was carried out in accordance with the research plan of the Department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics at the Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU) within the framework of the topic "Function, Structure, and Environment in the Architecture of Buildings and Cities" and the scientific problem "Biospheric Compatibility" in the aspects of "Climate Change" and "Housing and Urban Environment".*

For citation: Giyasov A.I. A model for assessing natural and climatic factors in the architectural and urban planning environment based on bioclimatic criteria. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2026; 1:34-48. DOI: 10.22227/2311-1518.2026.1.34-48 (rus.).

Введение

Будущее городов зависит от наших сегодняшних действий. Пришло время формировать архитектурно-градостроительную концепцию будущего, обеспечивающую комфортную среду как в открытых городских пространствах, так и во внутренних пространствах зданий и сооружений.

По мере роста урбанизации и распространения высокотехнологичной архитектуры наряду с очевидными достижениями усиливаются и негативные явления. Нарушается экологическое равновесие, происходят климатические изменения. В городах повышается температура окружающей среды, усиливается эффект городского теплового острова. Управление и улучшение качества среды в открытых общественных пространствах и во внутренних пространствах зданий в увязке с комфортом пользователей требуют глубокого понимания влияния городской застройки на микроклимат как наружных территорий, так и внутренних помещений.

Городская застройка формирует разнообразную среду, которая влияет, с одной стороны, на сценарии использования открытых городских пространств, с другой — на комфорт (тепловой, акустический, визуальный и др.). В городской среде микроклиматические параметры — температура и влажность, движение воздуха, интенсивность солнечной радиации — меняются во времени и пространстве. Под влиянием сложной морфологии архитектурно-строительных объектов эти изменения могут быть более

или менее благоприятны для теплового, ветрового, инсоляционного и визуального комфорта пользователей городских пространств.

Открытые городские пространства — это улицы, площади, дворы, сады и парки. Качество их устройства во многом определяет качество жизни в городах. Их микроклиматические параметры важны для деятельности людей как на открытом воздухе, так и внутри зданий, поскольку влияют на характер использования пространств.

Среди различных аспектов взаимодействия человека с окружающей средой особо выделяется влияние метеорологических условий на его тепловое состояние с учетом биоклиматических факторов.

В данной статье рассматриваются микроклиматические и биоклиматические различия в пределах городских территорий. Предложены пути снижения тепловых нагрузок на организм человека.

Выбранное направление исследования остается малоизученным в архитектурно-строительной науке из-за сложной морфологии городских территорий и застройки, а также изменчивости метеорологических факторов. Проблемы влияния архитектурно-строительной морфологии городской среды на формирование микроклимата отражены в работах ряда отечественных и зарубежных исследователей [1–7].

Изучение взаимосвязи архитектурно-строительной морфологии городской среды с микроклиматом и тепловым комфортом является сложной задачей из-за большого количества переменных факторов окружающей среды и индивидуальных реакций

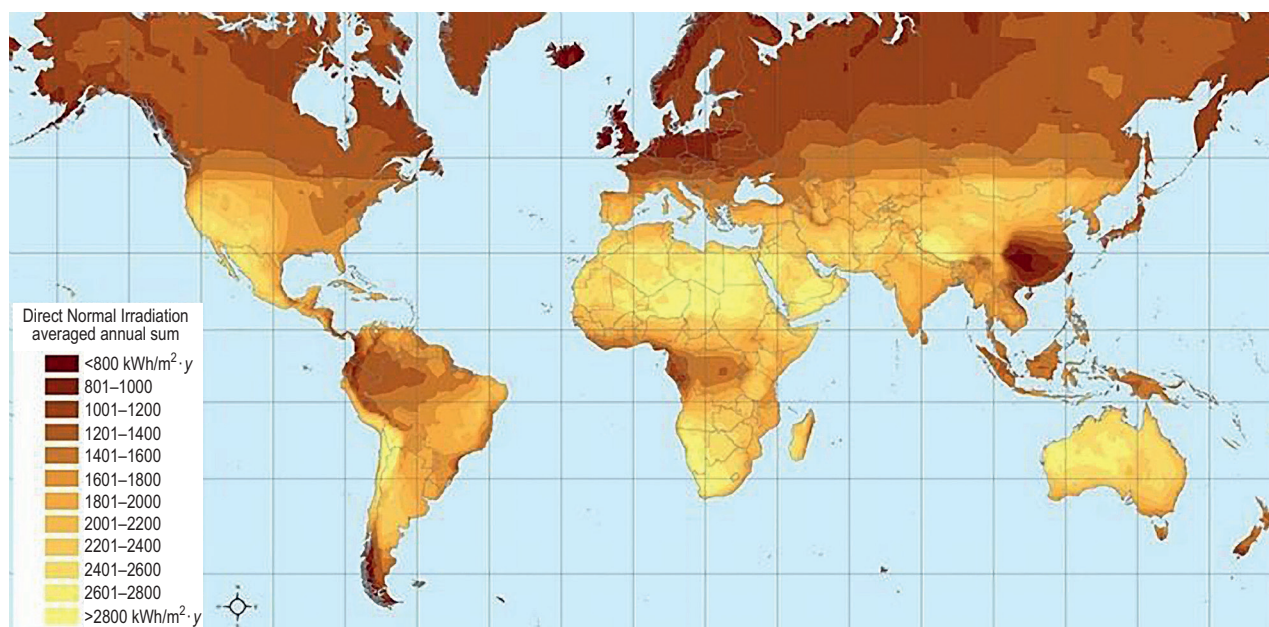


Рис. 1. Карта распределения солнечной радиации в мире

человека на них. Эта взаимосвязь рассмотрена в работах [8–11].

В этом контексте с целью упростить изучение взаимосвязи между архитектурно-строительной морфологией и тепловым комфортом в открытых общественных пространствах и внутренних пространствах зданий предложен набор морфологических показателей, связанных с климатическими параметрами; их применение и результаты представлены в исследованиях [12–15].

Программные средства для компьютерного моделирования и методы анализа космических снимков, используемые для оценки микроклимата и теплового комфорта среды, окружающей человека, описаны в работах [16–19].

Влияние архитектурной морфологии городской среды на микроклимат и тепловой комфорт в открытых городских пространствах в регионах с теплым климатом, а также в теплый период в других регионах рассматривается в работах отечественных и зарубежных авторов [20–23].

Несмотря на множество исследований, вопрос остается недостаточно разработанным для регионов с жарким климатом, где летом температура воздуха в тени нередко превышает 50 °С, и для засушливых зон (влажность 20–30 %), в частности для городов южного региона России (Краснодар, Волгоград, Ростов-на-Дону, Сочи, Херсон, Ялта, Нальчик, Астрахань, Махачкала и др.), а также для городов Центральной Азии, Ближнего Востока, Африки, Латинской Америки, Австралии и южной Европы, где летом фиксируются экстремальные температуры и продолжительность теплого периода составляет 6–10 месяцев.

Солнце является главным источником энергии для всех жизненных процессов на Земле; его энергия относится к возобновляемым источникам и может в практически неисчерпаемых объемах преобразовываться в электрическую и тепловую.

Доступ к солнечному излучению — ключевая предпосылка расширения применения биоклиматической архитектуры в городском контексте.

Тепло-ветровой режим застройки складывается под воздействием климатических факторов района, прежде всего инсоляции, и определяется температурой воздуха и температурой поверхностей территории и ограждающих конструкций.

В связи с этим на глобальной карте солнечной радиации выделяются области повышенной активности, а в нормативных документах Российской Федерации — пять характерных зон по интенсивности, лежащих в основе биоклиматического районирования мира и России (рис. 1, 2) [24].

Мероприятия по снижению интенсивности солнечной радиации и теплового излучения элементов городского ландшафта подлежат обязательному применению в населенных пунктах при условии, что в теплый период доля времени теплового дискомфорта, вызванного солнечной радиацией, превышает 20 %: при температуре воздуха выше 27–28 °С — для открытых городских пространств и выше 28–30 °С — для помещений.

Применение таких мероприятий рекомендуется уже при наличии периодов с температурами не ниже 24 °С (для открытых пространств) и 26 °С (для зданий) (рис. 3, 4).

Повышение температуры воздуха в городе по сравнению с окружающей природной местностью

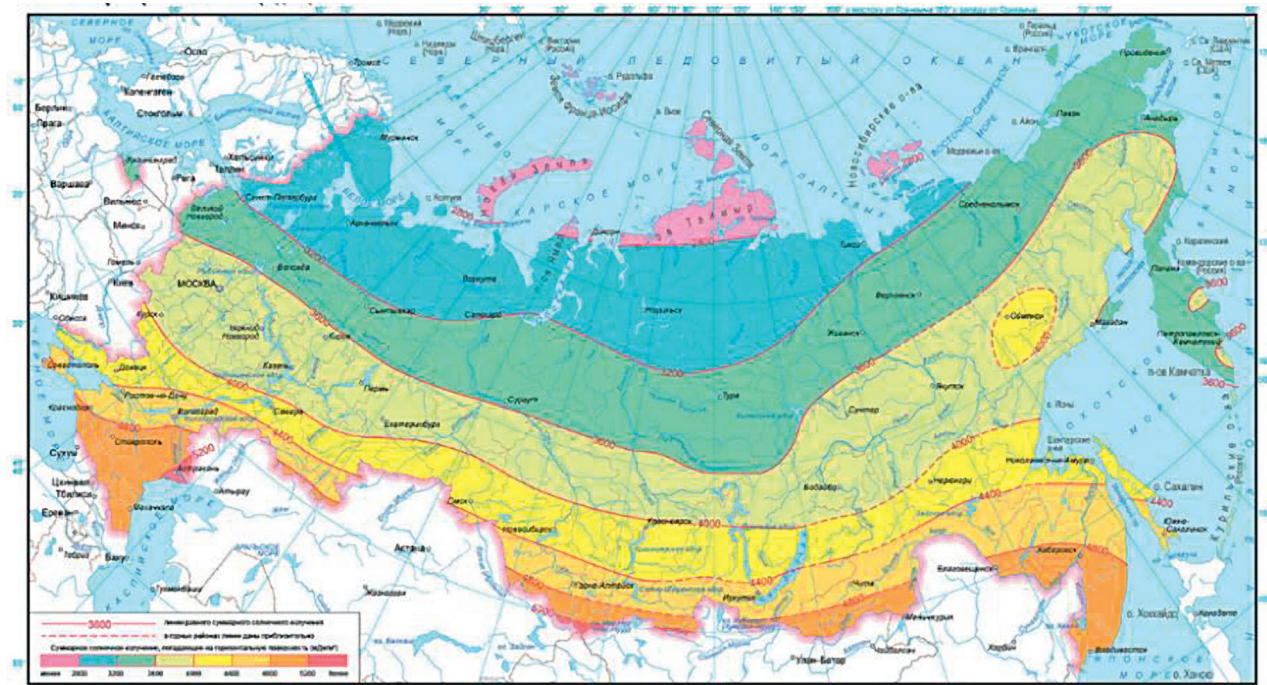


Рис. 2. Схема распределения суммарной годовой солнечной радиации на горизонтальную поверхность (с учетом фактической облачности), кВт·ч/м²

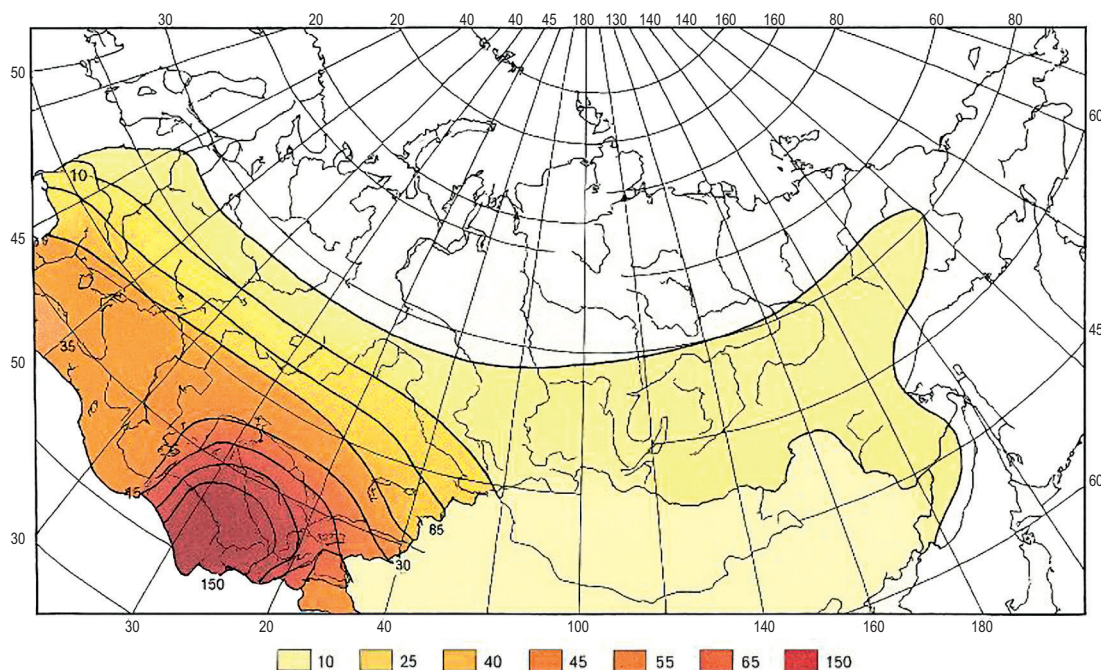


Рис. 3. Число дней с жарким тепловым дискомфортом в году

приводит к формированию городского теплового острова — области повышенной температуры воздуха куполообразной формы над городской территорией. Размер и характеристики теплового острова зависят от метеорологических условий и перечисленных особенностей города [4].

Целью исследования является разработка многоуровневой модели интегральной оценки влияния природно-климатических факторов на условия теп-

лового и микроклиматического комфорта в городской среде на основе биоклиматических критериев.

Задача исследования — разработка модели интегральной оценки природно-климатических факторов в архитектурно-градостроительной среде на основе биоклиматических критериев и индексов, позволяющей количественно оценивать их влияние на условия пребывания человека и обосновывать решения по планировке и застройке.

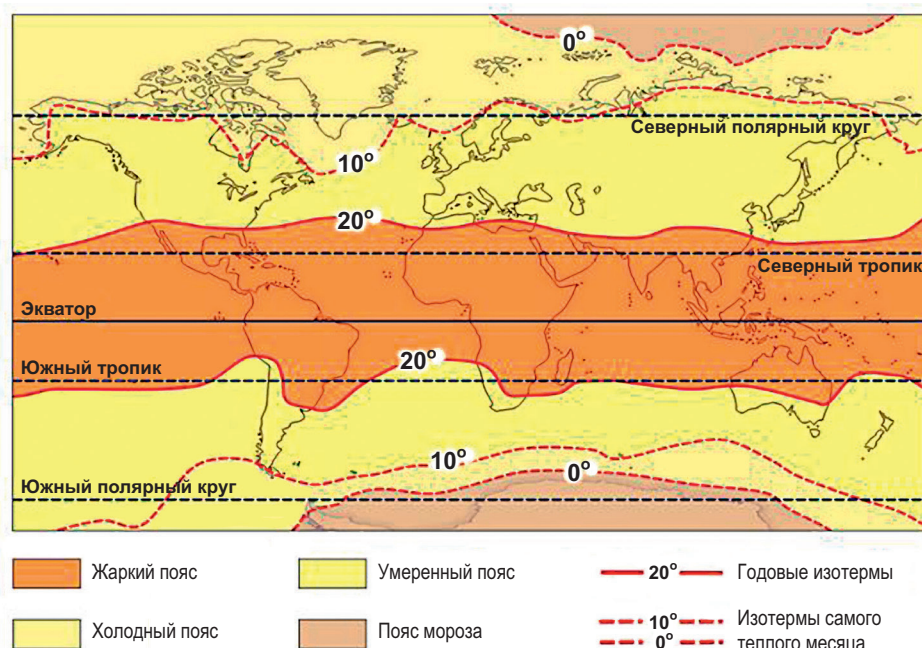


Рис. 4. Карта мировых тепловых поясов с изотермами годового цикла

Материалы и методы

В рамках исследования закономерностей влияния архитектурно-строительной морфологии городской среды на биоклимат, микроклимат и тепловой комфорт открытых и внутренних городских пространств, в конечном счете определяющих тепловое состояние человека, проанализированы результаты мониторинга основных метеорологических факторов для территорий с продолжительным теплым периодом.

Анализ выполнен на основе баз данных гидрометеорологических справочников Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, Среднеазиатского научно-исследовательского гидрометеорологического института им. В.А. Бугаева, нормативных документов, справочных ежемесячников закавказских республик, а также современной глобальной базы NASA SSE.

В ходе исследования сформулированы методические указания по учету природно-климатических факторов в градостроительстве, основанных на комплексе санитарно-гигиенических критериев и графо-аналитических методов оценки природных факторов. Указания предназначены для использования при проектировании населенных пунктов в странах с теплым климатом и направлены на совершенствование качества окружающей среды в контексте биоклиматической архитектуры.

Результаты и их обсуждение

В городе температура воздуха, ветер и солнечная радиация меняются во времени и пространстве; морфология застройки, усиливая или сглаживая эти

колебания, задает уровень теплового, ветрового, инсоляционного и визуального комфорта пешеходов.

Усиление температурного режима города объясняется несколькими причинами: ростом промышленных и антропогенных тепловыделений, широким применением искусственных покрытий, увеличением этажности застройки, ослаблением ветрового обмена и снижением испарения. В итоге поступающая солнечная радиация преимущественно идет на турбулентное нагревание приземного воздуха.

Тепловое состояние человека в морфологически сложной городской среде следует изучать в контексте изменения климата в рамках модели «климат – город – человек» (рис. 5).

Города концентрируют население и застройку, усиливая контраст между модифицированной деятельной (подстилающей) поверхностью и окружающей местностью; температурная разница достигает 6–12 °C [9, 13]. Эффект городского теплового острова увеличивает частоту и интенсивность тепловых экстремумов, ухудшает условия труда и отдыха, повышает смертность во время волн жары (до 30 %), увеличивает пиковую нагрузку на энергосистемы. В российских и зарубежных нормативных документах климатические факторы учитываются преимущественно на уровне общего фона [25–27], тогда как биоклимат и тепловые риски городской среды часто остаются вне проектных регламентов. Возникает потребность в процедурной, воспроизводимой оценке теплового состояния городской среды и во внедрении ее результатов в планировочные решения и правила землепользования и застройки.

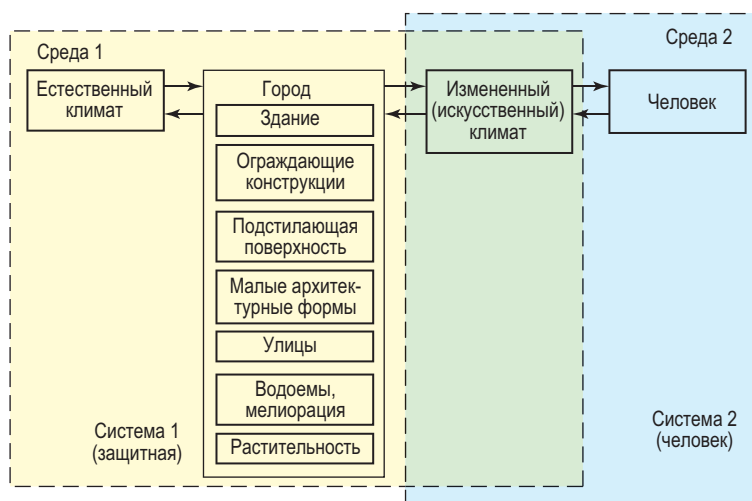


Рис. 5. Концептуальная модель «климат – город – человек»

Методика учета природно-климатических условий с градостроительных позиций заключается в выявлении особенностей природной среды, оценке ее пригодности для освоения в градостроительных целях и разработке требований, обеспечивающих высокие функционально-эксплуатационные, санитарно-гигиенические и архитектурно-эстетические качества городской среды.

В градостроительном проектировании подлежат учету воздействия и явления природной среды, влияющие на состояние и функционирование городского организма и тем самым на решение градостроительных задач.

Решение градостроительных задач по обеспечению благоприятных санитарно-гигиенических условий городской среды должно основываться на оценке природных элементов и комплексов, формирующих тепловое и санитарное состояние природного фона, а также определяющих возможность применения градостроительных средств для его улучшения.

Общим критерием природных факторов является степень благоприятности среды для градостроительного освоения; по этому критерию тепловое состояние человека подразделяется на четыре кате-

гории: благоприятное, ограниченно благоприятное, неблагоприятное, особо неблагоприятное.

Классификация проводится по разработанной автором экспериментальной методике оценки теплового состояния человека и биоклимата городской среды, предусматривающей использование цилиндрического термометра, моделирующего физическое тело, и показателя тепловой нагрузки FE , г/ч (величина влагопотери при испарении пота), в качестве количественного санитарно-гигиенического индикатора теплового состояния [13] (табл. 1, 2).

К благоприятным условиям следует относить такие, которые характеризуются наивысшим потенциалом благоприятности среды и не требуют специальных мер по ее улучшению.

К ограниченно благоприятным относятся условия, формируемые природными факторами или их элементами различной степени благоприятности. Благоприятность среды может быть повышена за счет применения градостроительных средств мелиорации. Степень компенсируемости неблагоприятных воздействий зависит от реальных градостроительных возможностей и мелиоративной эффективности применяемых средств.

Таблица 1. Биоклиматические критерии оценки теплового состояния среды

Факторы	Благоприятные	Ограниченно благоприятные	Неблагоприятные	Особо неблагоприятные
Теплый период, мес.	Более 6	3–6	Менее 3	Менее 0,3
Условия перегрева: • в зданиях, дни; • на открытых пространствах, процент от теплого периода	Отсутствуют, либо меньше 30 Менее 0,3	До 45 0,3–0,5	45–60 0,5–0,7	Более 60 Более 0,7
Продолжительность периодов переохлаждения на открытых городских пространствах, в процентах от длительности холодного периода	Менее 0,3	Менее 0,3–0,5	0,5–0,7	Более 0,7
Продолжительность отопительного сезона, мес.	Менее 6	6–7	7–8	Более 8

Таблица 2. Биоклиматические критерии оценки теплового состояния человека

Оценка благо-приятности	Показатели		
	Тепловые условия пространств	Режим использования	Меры регулирования
Благоприятная, FE = 50–200 г/ч	Днем на открытых пространствах теплового комфорта нет или он кратковременен	Свободный режим использования открытых пространств и внутренних помещений	Специальные меры по улучшению среды городской застройки не требуются. При необходимости допускается применение локальных солнцезащитных и ветрозащитных устройств на зданиях и элементах застройки
Ограниченно благоприятная, FE = 201–500 г/ч	Доля времени теплового дискомфорта на открытых территориях и в зданиях гражданского назначения не превышает 0,3 % длительности теплого периода	Нарушение функционально-эксплуатационного режима на открытых пространствах днем, в помещениях зданий во второй половине дня и вечером	Тепловой комфорт обеспечивается за счет солнцезащитных и ветрорегулирующих средств, а также специальных градостроительных решений на участках общественных зданий с применением инженерно-технических мер охлаждения, благоустройства и озеленения
Неблагоприятная, FE = 501–800 г/ч	Доля теплого периода с тепловым дискомфортом на открытых пространствах и в зданиях 0,3–0,5 процента, в указанные дни дискомфорт сохраняется большую часть суток или круглосуточно	Нарушение функционально-эксплуатационного режима отмечается на открытых пространствах и в помещениях зданий, в вечерние и ночные часы допускается использование открытых пространств для отдыха	Необходимы комплекс архитектурно-планировочных мер по улучшению среды городской застройки и внедрение инженерно-технических средств регулирования микроклимата в зданиях
Особо неблагоприятно, FE = 801–900 г/ч и более	Тепловой дискомфорт охватывает всю территорию застройки в течение более 0,5 % длительности теплого периода и имеет круглосуточный характер	Режим жизнедеятельности населения нарушен круглосуточно. Использование открытых пространств крайне низкое, ограничено деловыми перемещениями. Режим использования помещений ночной, 01:00–08:00	Требуются комплексные функционально-архитектурно-планировочные меры для улучшения среды застройки, а также применение инженерно-технических средств мелиорации биоклимата

Неблагоприятные условия среды характеризуются сочетанием факторов при минимальном уровне естественного потенциала благоприятности, поэтому для улучшения среды необходимо применять не только градостроительные, но и инженерно-технические средства.

К особо неблагоприятным условиям следует относить такие, которые исключают градостроительное освоение территорий как по совокупности неблагоприятных факторов, так и по отдельным факторам, препятствующим массовому гражданскому строительству. Например, экстремальные условия зон постоянного воздействия селевых потоков, высокой сейсмичности и т.п.

Комплексным показателем теплового и санитарного состояния окружающей среды является обеспеченность комфортных условий для нормального выполнения различных процессов жизнедеятельности человека — хозяйственно-бытовых, культурно-просветительных, производственных.

Качественные стороны теплового состояния среды рассматриваются по комплексу факторов:

температуре, относительной влажности, скорости движения воздуха и радиационным нагрузкам за счет солнечной радиации и излучения окружающих поверхностей, сочетание которых предопределяет комфортное или дискомфортное тепловое самочувствие человека, находящегося в типичных для города условиях: открытые территории застройки, полуоткрытые и закрытые пространства зданий. При этом, учитывая непосредственное воздействие природной среды на формирование теплоощущений человека в условиях открытого пространства, большое внимание следует уделять внешнему биоклимату.

Оценка теплового состояния среды с точки зрения биоклимата здания необходима для общего учета внешнеклиматических воздействий при разработке градостроительных требований и мероприятий по обеспечению благоприятной городской среды в целом.

Принимая во внимание существующие различия естественного метеофона населенных пунктов, в каждом конкретном случае рекомендуется определять периоды и требуемые пределы регулирования

радиационного, температурно-влажностного и ветрового режимов с учетом возможного мелиоративного эффекта в рассматриваемых условиях. При этом устанавливаются уровни снижения либо повышения интенсивности солнечной радиации, скорости ветра, температурного фона, необходимые для улучшения биоклимата открытых пространств.

При сравнении эффективности регулирования радиационного и ветрового режимов следует обратить внимание на величину и продолжительность возможного биоклиматического эффекта, на основании чего рекомендуется ориентироваться в выборе ведущих мероприятий.

В случаях, когда солнцезащита и ветрорегулирование не оказывают кардинального эффекта, важное значение приобретают мероприятия по улучшению температурно-влажностного режима.

Влияние солнечной радиации и теплового излучения на теплоощущения: при температуре воздуха 25–27 °С формируются оптимальные условия комфорта; при температурах выше 27 °С тепловая нагрузка возрастает, ощущения переходят от «тепло» к «жарко»; при 34–36 °С и выше — от «жарко» к «очень жарко». При этом эффект корригирования биоклимата путем солнцезащиты может быть эквивалентен по теплоощущениям человека снижению температуры воздуха на 3–6°.

Оценка эффективности мероприятий по регулированию радиационного режима открытых городских пространств производится по летним условиям, переводимым в более благоприятный класс на одну ступень за счет снижения суммарной солнечной радиации на 50 и 80–90 %. При снижении радиационного фона на 50 % биоклиматический эффект с учетом скорости ветра достигается при температуре воздуха до 30–33 °С, при снижении на 80 % — до 33–39 °С.

При более высоких температурах воздуха снижение интенсивности солнечной радиации на 50–80 % средствами солнцезащиты уменьшает или полностью исключает вероятность воздействия крайне тяжелых погодных условий на человека в условиях открытого пространства. Соответственно продлевается общий период теплового комфорта или период с допустимыми тепловыми нагрузками в течение года и перегревных дней.

При разработке мероприятий по регулированию ветровых условий в городе следует обеспечить оптимальные условия проветривания городских пространств с учетом санации воздушной среды, улучшения биоклимата и защиты в случае необходимости от активной пылевветровой деятельности и опасных ветровых явлений. Комплекс мероприятий рекомендуется назначать в зависимости от характера воздействия естественного ветрового фона на физиолого-гигиенические и функционально-эксплу-

атационные качества окружающей среды в различные сезоны года.

Ведущее положение при решении градостроительных задач должны занимать условия аэродинамического проветривания. Термическое проветривание — дополнительный фактор интенсификации движения воздуха. Пределы его воздействия по сезонам года и в течение суток ограничены, а эффективность зависит от перепада давления, возникающего при разности температур различных участков, а также от аэродинамических условий. На открытых пространствах территории застройки термическое проветривание имеет существенное значение в дневные часы, а в открытых и жилых помещениях — в вечерние и ночные.

Требуемую кратность снижения либо интенсификации скорости ветра рекомендуется определять с учетом биоклиматического эффекта, возможного в конкретных условиях. Так, интенсификация проветривания инсолируемых пространств при температуре выше 27 °С способствует улучшению теплового самочувствия человека.

При температуре воздуха до 38–39 °С движение воздушных потоков со скоростью 0,5–1 м/с благотворно влияет на теплоощущение человека за счет снижения температуры кожи и увеличения испарения пота.

Биоклиматический эффект интенсификации скорости ветра до 4 м/сек проявляется в зависимости от радиационного фона при температуре воздуха до 30–36 °С и равноценен снижению температуры воздуха на 3 °С. Повышение скорости до 5 м/с улучшает теплоощущения на солнце при температуре воздуха менее 33 °С и в тени — при температуре воздуха более 36 °С. При температуре воздуха свыше 39 °С более сильный ветер может усиливать нагрев тела.

В переходный период года весна – осень снижение скорости ветра в приземном слое воздуха до 1 м/с обеспечивает комфортность теплоощущений при температуре воздуха выше 12 °С, в прохладный период теплоощущение «прохладно» для нормально одетого человека — при температурах не ниже минус 20 °С. Соответственно увеличивается продолжительность комфортных условий.

В теплый период года ветрозащита эффективна при всех температурных показателях и скорости ветра выше 5 м/с. Это не ухудшает тепловое самочувствие человека, снимая одновременно неблагоприятное психогигиеническое раздражение.

Эффективность мероприятий по регулированию ветрового режима в теплое время года определяется по характеру изменения тепловых условий в течение суток перегревного периода: в дневные часы с учетом эффективной солнцезащиты, в вечерние

и ночные с учетом необходимого проветривания открытых пространств и зданий.

В населенных пунктах, где в приземном слое воздуха скорость ветра не превышает 3 м/с с повторяемостью не менее 30 % в любой расчетный срок, необходимо предусматривать мероприятия по интенсификации аэрации городской территории.

В долинных и котловинных пространствах мероприятия должны быть направлены на ликвидацию застойных явлений воздуха в застройке, улучшение биоклимата городской среды и снижение концентрации вредных веществ при наличии источников холодных и низких выбросов.

Сохранение естественного уровня скорости ветра в пределах городских территорий следует обеспечить в населенных пунктах, где постоянны скорости ветра от 2 до 5 м/с. Используемые при этом градостроительные меры должны способствовать созданию наиболее благоприятных биоклиматических, санитарных и функционально-эксплуатационных качеств городской среды, допуская снижение скорости движения воздушных потоков не ниже меньшего предела и интенсификацию — не выше большего.

При разработке ветрозащитных мероприятий следует учитывать, что минимально допустимая скорость ветра наружных пространств по биоклиматическим условиям должна быть не менее 2 м/с, по санитарным условиям — не ниже 1 м/с скорости ветра, менее 1 м/с не ликвидирует застоя воздуха в застройке.

Требуемый мелиоративный эффект улучшения температурно-влажностного режима рекомендуется определять для каждого города по фактическим показателям температуры, а влажности воздуха в дневные часы перегревного периода без учета предполагаемого регулирования радиационного и ветрового режимов.

Расчетная величина температурного эффекта определяется как разность между наибольшим значением среднемаксимальной температуры воздуха в перегревный период и температурой, соответствующей границе неблагоприятных условий. Для городов южного региона России, а также Узбекистана, Таджикистана, Кыргызстана и Туркменистана эта разность, как правило, составляет 3–5 °С. Например, для городов Краснодара, Сочи и Ташкента требуемый мелиоративный эффект при типичных радиационно-ветровых условиях, исходя из среднемаксимальной температуры июля около 37 °С и предельной температуры 33 °С, составляет около 4 °С.

Требуемая расчетная величина температурного эффекта может быть уменьшена при условии корегулирования радиационного в ветровые фоны и возможного максимального эффекта мелиорации градостроительными средствами в кратчайшие сроки

градостроительного освоения территории. При этом предельные значения температуры воздуха следует определять с учетом снижения интенсивности солнечной радиации и кратности изменения скорости ветра. Например, для Краснодара, Сочи и Ташкента при снижении уровня солнечной радиации на 50 % и интенсификации скорости ветра в 2 раза, общий биоклиматический эффект которых 3 °С, расчетная величина температурного эффекта составляет 1 °С.

Допустимая величина повышения влажности воздуха (дефицит влажности) за счет испарения воды с поверхности зеленых насаждений и водных устройств, при которой не ухудшается тепловое самочувствие человека, принимается по разности фактической средней относительной влажности воздуха и допустимой в заданных условиях физиолого-гигиеническим показателем и показателями комфортности среды. Для городов с относительной влажностью выше 30 % допустимо дополнительное повышение влажности в среднем не более чем на 15 %, при относительной влажности 20–30 % — до 15–20 %, при менее 20 % — допустимо повышение более чем на 20 %.

При окончательном назначении требований по компенсации дефицита влажности следует учитывать также реальную возможность обеспечения, особенно на пустынных безводных территориях.

С целью определения благоприятности условий предлагается графо-аналитический метод расчета, сущность которого заключается в методической градостроительной оценке природной среды путем определения количественной характеристики благоприятности условий. В качестве численного критерия оценки, позволяющего характеризовать различные условия на единой методической основе, рекомендуется использовать комплексный показатель благоприятности (ПБ):

$$\text{ПБ} = K_0 + K_k \cdot P_k,$$

где K_0 — коэффициент обеспеченности, характеризующий естественный потенциал благоприятности среды (E) относительно требуемого для градостроительных задач уровня (T), определяется как E/T ;

K_k — коэффициент градостроительной компенсации, отражающий необходимость применения дополнительных мер для обеспечения требуемых условий (T);

P_k — вероятность компенсации «дефицита» благоприятности в соответствии с уровнем научно-технического прогресса, материально-технической возможности к мелиоративной эффективности градостроительных средств ($K_э$).

Коэффициент обеспеченности в равной мере может представлять временную и пространственную

Таблица 3. Расчетные данные показателя благоприятности среды

Условия благоприятности среды	Расчетные величины				Индекс благоприятности
	Ко	Кк	Рк	ПБ	
Благоприятные	1	—	—1	1	1,0–0,7
Ограниченно благоприятные	$< 1 > 0$	$> 0 < 1$	0,5	$Ко + 0,5Рк$	0,7–0,5
Неблагоприятные	0	1	0,5	$0,5Рк$	0,5–0,2
Особо неблагоприятные	0	1	0–0,2	$0–0,2Рк$	0,2–0,0

характеристику условий, формируемых климатом, ландшафтом и грунтовой водой. Определяющая его величина Е зависит от качеств природных элементов и может быть различной. Величина Т зависит от социально-экономических факторов, как правило, постоянна для определенного отрезка времени и принимается за единицу. Теоретически возможно изменение Ко от 0 до 1. При Ко меньше единицы необходимы различные градостроительные, либо инженерно-строительные меры, либо комплекс этих мер.

Коэффициент компенсации Кк характеризует долю участия требуемых мелиоративных мер и равен $1 - Ко$. В реальных условиях его значение существенно зависит от мелиоративной эффективности (Кэ) и вероятности применения средств; фактический Кк может быть меньше требуемого, в общем случае $Кк \leq Кэ$.

Величина Рк равна 1 при 100 % вероятности компенсации и 0,5 при 50 % вероятности применения дополнительных мер.

Значения Ко, Кк и Рк, соответствующие определенной степени благоприятности среды, приведены в табл. 3.

Показатель благоприятности может быть определен по одному или нескольким элементам и комплексам природной среды. Во втором случае он представляет в зависимости от удобства оценки либо сумму, либо среднюю величину суммы определяемых показателей.

При определении биоклимата застроенных пространств используется биоклимаграмма суточного хода метеоэлементов, построенная на основе моделирования температурного режима застройки.

Оценка биоклимата открытых городских пространств определяется общим характером теплового состояния среды конкретного населенного пункта, устанавливаемым по биоклимаграмме, где указаны периоды с различными тепловыми условиями и их продолжительность. На основании этих данных формулируются градостроительные требования для мелиорации климата.

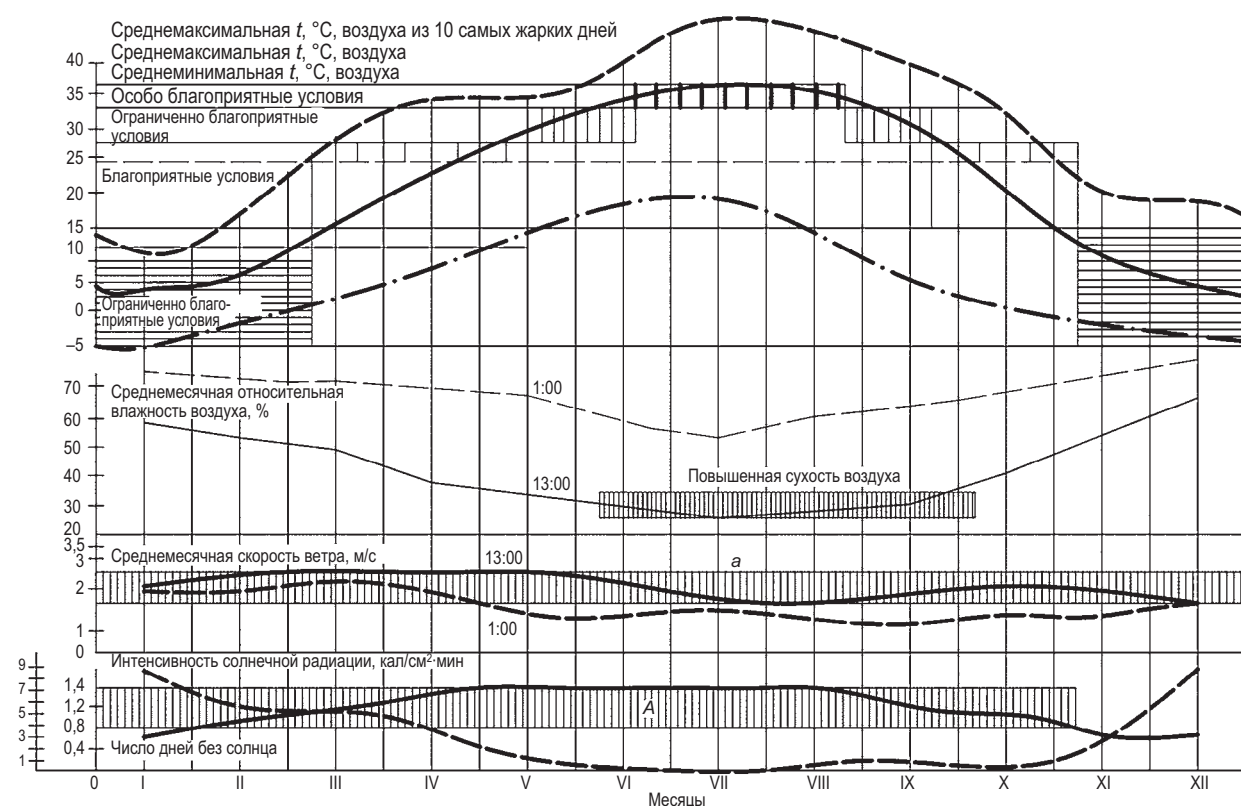


Рис. 6. Модель биоклимаграммы

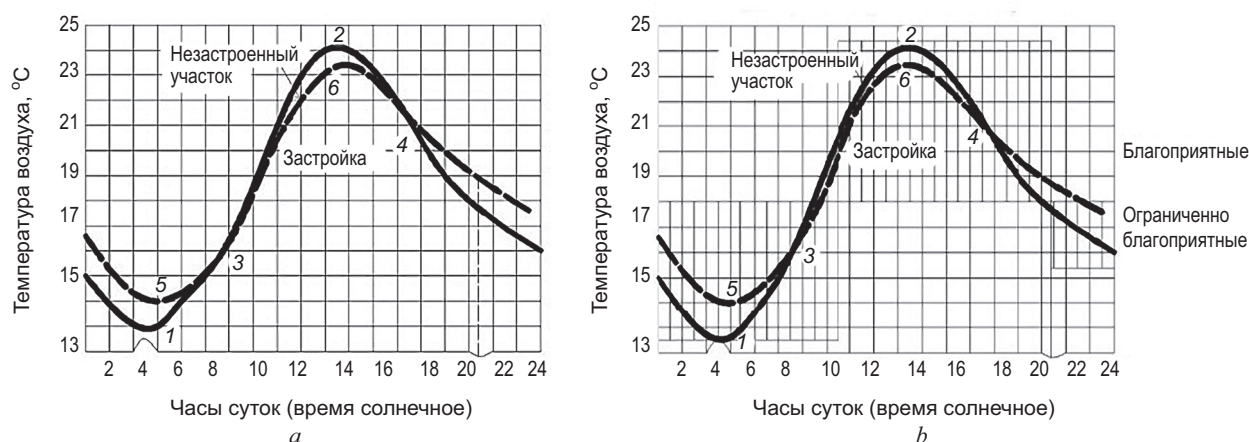
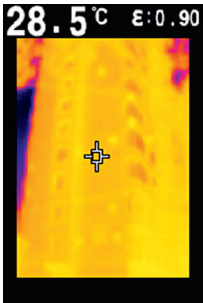
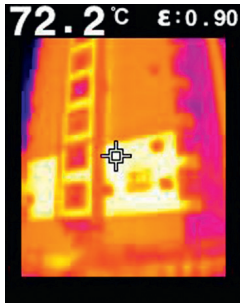
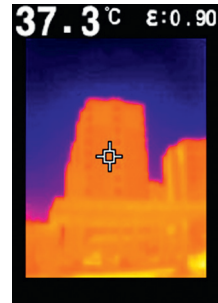
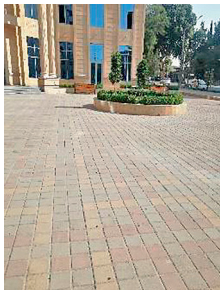
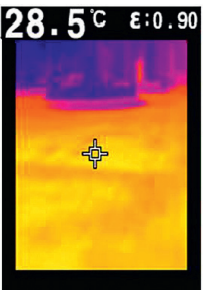
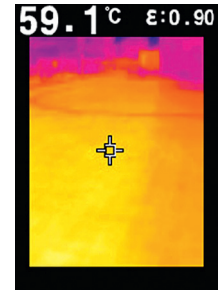


Рис. 7. Модель суточного хода температуры воздуха в городской застройке: *a* — исходная; *b* — скорректированная с учетом степени благоприятности условий среды

Таблица 4. Модель суточного хода температуры вертикальных (1) и горизонтальных (2) поверхностей в застройке

Общий вид застройки	Наблюдение через телевизор FLIR TG-165			Месторасположение застройки
	8:00 ч	13:00 ч	19:00 ч	
				
				

В качестве основы для построения биоклиматической диаграммы автором был использован совмещенный график годового изменения метеоданных, включая среднемесячную интенсивность солнечной радиации в полуденные часы, число пасмурных дней в месяц, среднемесячную скорость ветра и относительную влажность воздуха в 13 и 1 час, среднеминимальную и среднемаксимальную температуру воздуха в месяц, значения среднемаксимальной температуры воздуха за десять самых теплых дней, возможных в течение месяца. Среднеминимальная и среднемаксимальная температура воздуха изображаются методом построения гистограмм.

Пример построения совмещенного графика — биоклиматической диаграммы приведен на рис. 6.

Для моделирования суточного хода температуры воздуха в застройке в летний период на графике (рис. 7) наносится кривая суточного хода температуры воздуха на свободном от застройки участке по данным местной метеостанции или результатам микроклиматического районирования территории города. На оси абсцисс обозначается время восхода и захода солнца, а на температурной кривой выделяются точки 1 и 2, соответствующие максимальной к минимальной температуре и точки 3 и 4, соответствующие времени, когда температуры воздуха на открытой территории и в застройке равны между собой (через 2 ч после восхода солнца к за 2,5 ч до захода солнца).

На графике отмечаются точки 5 и 6, обозначающие максимальную и минимальную температуру

воздуха в застройке. Принимается, что минимальная температура в застройке и на незастроенном участке совпадает, а максимальная температура воздуха наступает в застройке открытой планировочной структуры на 15 мин, а для замкнутой структуры на 30 мин позже максимальной температуры открытой территории. Например, температура воздуха в застройке в весенние теплые месяцы для населенных пунктов в час максимума ниже температуры на свободном от застройки участке на 0,7 °С для замкнутой структуры и на 0,5 °С для открытой планировочной структуры. Температура воздуха в застройке в час минимума выше температуры воздуха на незастроенной территории на 1,5 и 1,2 °С соответственно.

Используя точки 3–6, строится кривая суточного хода температуры воздуха в застройке по форме, аналогичная температурной кривой для свободной территории.

Для определения различий между температурой незастроенных и застроенных пространств при моделировании температуры воздуха в застройке городов с высоким термическим фоном и малой подвижностью воздуха дополнительно используются графики их взаимосвязи и графики суточного хода температуры вертикальных и горизонтальных поверхностей (табл. 4).

Выводы

На основании результатов исследования сформулирована методика оценки биоклиматических условий открытых городских пространств. В ее рамках тепловые условия классифицируются по степени благоприятности использования открытых пространств для различных функциональных целей и по необходимости применения градостроительных средств улучшения биоклимата в увязке с физиолого-гигиенической классификацией типов погодных условий:

Тип 1. Благоприятные условия, соответствующие комфортному состоянию среды, физиолого-гигиенические показатели человека характеризуются нормальной или слабой нагрузкой на аппарат терморегуляции. Открытые городские пространства могут полноценно использоваться для отдыха, игр, бытовых занятий, производственной и оздоровительной деятельности. В специальных градостроительных мероприятиях нет необходимости, поскольку тепловой комфорт обеспечивается индивидуальными средствами солнцезащиты даже при относительно высокой температуре воздуха.

Тип 2. Ограниченно благоприятные условия, характеризующиеся типами погоды, создающими умеренную нагрузку на организм человека. Комфортность среды в теплое время года снижена воздействием отдельных метеоэлементов и может быть

легко восстановлена путем применения простейших градостроительных средств — солнцезащитных или ветрозащитных, а также средств благоустройства и озеленения. Режим использования открытых пространств летом нарушается в послеполуденные часы. В холодный период комфортное состояние достигается подбором соответствующей одежды.

Тип 3. Неблагоприятные условия, типы погоды, создающие значительную нагрузку на аппарат терморегуляции человека: летом перегрев организма, зимой переохлаждение. Использование открытых пространств летом практически исключается в течение всего дня, зимой — ограничено деловые передвижения, непродолжительные прогулки, спортивные и подвижные игры. Для улучшения теплового состояния среды необходимо применение комплекса архитектурно-планировочных мероприятий и средств.

Тип 4. Особо неблагоприятные условия: погода, создающая чрезмерную нагрузку на организм человека. Использование наружных пространств допускается лишь по деловой необходимости и на краткое время. Требуются специальные градостроительные решения и инженерная защита, направленные на снижение тепловых рисков.

Отмечается, что комфортное состояние среды не может быть обеспечено исключительно градостроительными средствами. Для этого необходимо включить в общий комплекс градостроительных мероприятий архитектурно-строительные решения.

Учет природно-климатических факторов в архитектурно-градостроительной практике методами биоклиматической оценки территорий различного масштаба с учетом морфологии городской среды дает проектировщику широкие возможности при решении градостроительных задач и выявлении типологических особенностей зданий.

Общий характер теплового состояния среды конкретного города/населенного пункта определяется по биоклимаграмме, отражающей периоды с различными тепловыми условиями и их длительность, на ее основе формулируются градостроительные требования по регулированию городского микро- и биоклимата.

В ходе исследования сформулированы методические указания по учету природно-климатических факторов в градостроительстве, основанные на комплексе санитарно-гигиенических критериев и графо-аналитических методов оценки природных факторов. Указания предназначены для использования при проектировании населенных пунктов в странах с теплым климатом и направлены на совершенствование качества окружающей среды в биоклиматической архитектуре.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мягков М.С., Лицкевич В.К., Губернский Ю.Д., Конова Л.И. Город, архитектура, человек и климат. Издательство Архитектура-С, 2007. 344 с.
2. Айзеништат Б.А., Лукина Л.П. Биоклимат и микроклимат Ташкента. Л. : Гидрометеиздат, 1982. 28 с.
3. Olgyay V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism: New and Expanded Edition. New Jersey, USA : Princeton University Press, 2015. 190 p.
4. Гиясов А.И., Сокольская О.Н. Модель «острова тепла» урбанизированных территорий и его трансформация // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 2. С. 180–192. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2
5. Алин А.С., Пашковская А.А. Характеристика биоклимата города Краснодара // Региональные географические исследования. Краснодар, 2020. 286 с.
6. Мурад Д. Биоклиматическая архитектура: обзор опыта создания внешнего комфорта городской среды в условиях сухого и жаркого климата // Известия КГАСУ. 2015. № 3 (33). С. 13–23.
7. Nikolopodlou M., Baker N., Steemers K. Can urban microclimatic analysis using image-processing techniques be employed to evaluate thermal comfort conditions: Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture) // Architecture, City, Environment-2000. Pp. 628–629.
8. Егорычев О.О., Дуничкин И.В. Вопросы прогнозирования микроклимата городской среды для оценки ветроэнергетического потенциала застройки // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 123–131.
9. Гиясов А.И. Значение городского острова тепла в регулировании микро- и эоклимата // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23. № 1. С. 5–15. URL: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/13011>
10. Айзеништат Б.А. Метод оценки теплового состояния человека с помощью физического тела в форме вертикального цилиндра // Труды САНИГМИ им. В.А. Бугаева. Вопросы прикладной климатологии и биометеорологии. М. : Гидрометеиздат, 1978. Вып. 57 (138). С. 38–43.
11. Oke T.R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites: Instruments and Observing Methods, Report. No. 81. WMO/TD. No. 1250. 2006, Nguyen Khanh Van. Bioclimatology study in modern geography // Ukrainian Geographical Journal. 2012. No. 3. Pp. 35–39.
12. Olgyay V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism: New and Expanded Edition. New Jersey, USA : Princeton University Press, 2015. 190 p.
13. Гиясов А.И. Биоклиматическое районирование — предпосылка для архитектурно-строительного и градостроительного проектирования, планирование территорий // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 1. С. 24–35.
14. Болдуин Р., Милбенк Н.О., Роу Г.Д. Здоровье, строительство и климат. Климат и здоровье человека : тр. Междунар. симп. ВМО/ВОЗ/ЮНЕП. Т. 1. Ленинград : Гидрометеиздат, 1988. С. 160–165.
15. Basic J. Regionalization and Evaluation of Seasonal Human Bioclimate of Semnan Province // Journal of Basic and Applied Scientific Research. Appl. Sci. Res., 2012. Vol. 2 (5). Pp. 4740–4750.
16. Хайруллин К.Ш. Масштабы влияния урбанизации на мезоклимат по данным спутниковой и наземной информации // Метеорологический вестник. 2008. Т. 1. № 1. С. 52–54.
17. Константинов П.И., Грищенко М.Ю., Варенцов М.И. Картографирование островов тепла городов Заполярья по совмещенным данным полевых измерений и космических снимков на примере г. Апатиты (Мурманская область) // Исследование Земли из космоса. 2015. № 3. С. 27–33.
18. Исследование городских территорий по тепловым снимкам. URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/files/2/urbanizirovannye_territorii.htm
19. Nikolopoulou M., Lykoudis S. Use of outdoor spaces and microclimate in a mediterranean urban area: Building and Environment. 2007. No. 42. Pp. 3691–3707.
20. Липовка А.Ю., Федченко И.Г. Морфологическая периодизация массовой жилой застройки Красноярска // Урбанистика. 2021. № 3. С. 56–72. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.3.36434 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36434
21. Коркунова В.А., Игнатов Г.Е. Ландшафтная архитектура открытых пространств городской среды // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2020. № 4. С. 30–36.
22. Givoni B. et al. Outdoor comfort research issues // Energy and Buildings. 2003. Vol. 35. Pp. 77–86.
23. Ahmed K.S. Comfort in Urban spaces: Defining the Boundaries of Outdoor Thermal Comfort for the Tropical Urban Environments // Energy and Buildings. 2003. No. 35. Pp. 103–110.
24. СП 370.1325800.2017. Устройства солнцезащитные зданий. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. М. : Стандартинформ, 2018. 56 с.
25. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. М., 2020. 234 с.

26. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. М., 2017. 22 с.
27. Научно-прикладной справочник «Климат России». Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». URL: www.meteo.ru

Об авторе: **Адхам Иминжанович Гиясов** — доктор технических наук, профессор кафедры архитектурно-строительного проектирования и физики среды; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0000-0002-2471-5065, ResearcherID: T-8804-2018; e-mail: adham52@mail.ru.

REFERENCES

1. Myagkov M.S., Litskevich V.K., Gubernsky Yu.D., Konova L.I. *City, architecture, man and climate*. Publisher, Arkhitektura-S, 2007; 344. (rus.).
2. Aizenshtat B.A., Lukina L.P. *Bioclimate and microclimate of Tashkent*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1982; 128. (rus.).
3. Olgyay V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalis: New and Expanded Edition*. New Jersey, USA, Prienston University Press, 2015; 190.
4. Giasov A.I., Sokolskaya O.N. The “heat island” model of urbanized territories and its transformation. *Bulletin of MGSU*. 2025; 20(2):180-192. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.2
5. Alin A.S., Pashklovskaya A.A. Characteristics of the bioclimate of the city of Krasnodar. *Regional geographical studies*. Krasnodar, 2020; 286.
6. Murad D. Bioclimatic architecture: a review of the experience of creating external comfort of the urban environment in dry and hot climates. *Izvestiya KSUACE*. 2015; 3(33):13-23. (rus.).
7. Nikolopodlou M., Baker N., Steemers K. Can urban microclimatic analysis using image-processing techniques be employed to evaluate thermal comfort conditions: Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture). *Architecture, City, Environment-2000*. 628-629.
8. Egorychev O.O., Dunichkin I.V. Issues of forecasting the microclimate of the urban environment for assessing the wind energy potential of development. *Bulletin of MGSU*. 2013; 6:123-131. (rus.).
9. Giasov A.I. The importance of the urban heat island in regulating the micro and ecoclimate. *Bulletin of SUSU, Series Construction and Architecture*. 2023; 23(1):5-15. URL: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/13011> (rus.).
10. Aizenshtat B.A. Method for assessing the thermal state of a person using a physical body in the form of a vertical cylinder. *Proceedings of the SARNIGMI named after V.A. Bugaev Issues of Applied Climatology and Biometeorology*. Moscow, Gidrometeoizdat, 1978; 57(138):38-43. (rus.).
11. Oke T.R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites: Instruments and Observing Methods, Report. No. 81. WMO/TD. No. 1250. 2006, Nguyen Khanh Van. Bioclimatology study in modern geography. *Ukrainian Geographical Journal*. 2012; (3):35-39.
12. Olgyay V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalis: New and Expanded Edition*. New Jersey, USA, Prienston University Press, 2015; 190.
13. Giasov A.I. Bioclimatic zoning — a prerequisite for architectural, construction and urban planning, territorial planning. *Bulletin of MGSU*. 2023; 18(1):24-35. (rus.).
14. Baldwin R., Milbank N.O., Rowe G.D. Health, construction and climate. Climate and human health. *Proceedings of the international symposium WMO/WHO/UNEP*. Vol. 1. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1988; 160-165. (rus.).
15. Basic J. Regionalization and Evaluation of Seasonal Human Bioclimate of Semnan Province. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*. Appl. Sci. Res, 2012; 2(5):4740-4750.
16. Khairullin K.Sh. The Scale of Urbanization Impact on the Mesoclimate Based on Satellite and Ground-Based Information. *Meteorological Bulletin*. 2008; 1(1):52-54. (rus.).
17. Konstantinov P.I., Grishchenko M.Yu., Varentsov M.I. Mapping Heat Islands in Arctic Cities Based on Combined Field Measurements and Space Imagery: The Case of Apatity (Murmansk Region). *Earth Research from Space*. 2015; 3:27-33. (rus.).
18. Study of Urban Areas Based on Thermal Images. URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/files/2/urbanizi-rovannye_territorii.htm
19. Nikolopoulou M., Lykoudis S. *Use of outdoor spaces and microclimate in a mediterranean urban area: Building and Environment*. 2007; 42:3691-3707. (rus.).

20. Lipovka A.Yu., Fedchenko I.G. Morphological periodization of mass residential development in Krasnoyarsk. *Urban studies*. 2021; 3:56-72. DOI: 10.7256/2310-8673.2021.3.36434 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36434
21. Korkunova V.A., Ignatov G.E. Landscape architecture of open spaces of the urban environment. *Architecture and design: history, theory, innovation*. 2020; 4:30-36. (rus.).
22. Givoni B. et al. Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*. 2003; 35:77-86.
23. Ahmed K.S. Comfort in Urban spaces: Defining the Boundaries of Outdoor Thermal Comfort for the Tropical Urban Environments. *Energy and Buildings*. 2003; 35:103-110.
24. SP 370.1325800.2017. Sun Protection Devices for Buildings. Ministry of Construction, Housing, and Communal Services of the Russian Federation. Moscow, Standartinform, 2018; 56. (rus.).
25. SP 131.13330.2020. Construction Climatology. Ministry of Construction, Housing, and Communal Services of the Russian Federation. Moscow, 2020; 234. (rus.).
26. SP 20.13330.2016. Loads and Impacts. Ministry of Construction, Housing, and Communal Services of the Russian Federation. Moscow, 2017; 22. (rus.).
27. *Scientific and Applied Handbook "Climate of Russia"*. All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information — World Data Center of the Federal State Budgetary Institution "VNIIGMI-MCD". URL: www.meteo.ru (rus.).

About the author: **Adham I. Giyasov** — Doctor of Engineering, Sciences and Professor in the Department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2471-5065, ResearcherID: T-8804-2018; e-mail: adham52@mail.ru.