

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 502/504

DOI: 10.22227/1997-0935.2025.10.1477-1485

Роль климатических факторов в формировании экологии жарких городов России

Ботир Иминжонович Гиясов

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Совершенствование территорий современных городов способствует увеличению городской застройки и развитию транспортной и инженерной инфраструктуры. В связи с этим увеличивается потребление нефтепродуктов, что влияет на экологический баланс городских территорий. В крупных городах, расположенных в жарких регионах, формируются наиболее экстремальные экологические условия. Рост высотных зданий, интенсивное использование городского транспорта способствуют существенному загрязнению воздушного бассейна города. При высоких температурах, характерных для южных городов, загрязнение городского пространства является наиболее ощутимым.

Материалы и методы. Проанализирована экология в жарких городах России. Выявлены наиболее загрязненные участки городов, где концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) превышает пределы допустимой из-за недостатка воздухообмена. Определена роль воздушных потоков термического происхождения в аэрации дворовых пространств.

Результаты. На примере девятиэтажного жилого здания в г. Волгограде выполнен анализ формирования воздушных потоков термического происхождения, описаны применяемые информационные материалы и научные методы. Приведен график натуральных измерений скорости конвективных потоков у фасадов здания в разное время светового дня, регулирование которых может способствовать улучшению экологии городских территорий.

Выводы. Современные города с жарким климатом, которым характерна высотная плотная застройка, находятся в экологически неблагоприятных условиях. В дворовых пространствах создаются участки с застоями воздуха и концентрацией ЗВ в связи с нарушением аэрации территории. Проведенные исследования имеют практическую значимость и могут использоваться для оценки воздухообмена междомовых территорий при градостроительном планировании и развитии городских пространств. Формирование воздушных потоков термического происхождения, рассмотренные в исследовании, могут способствовать воздухообмену дворовых пространств и значительно улучшить экологическую ситуацию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экология, аэрация, плотная застройка, градостроительное планирование, конвективные потоки, высотные здания, жаркий климат, транспортная инфраструктура, энергопотребление

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Гиясов Б.И. Роль климатических факторов в формировании экологии жарких городов России // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 10. С. 1477–1485. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.10.1477-1485

Автор, ответственный за переписку: Ботир Иминжонович Гиясов, giyasovbi@mgsu.ru.

The role of climatic factors in forming the ecology of hot cities in Russia

Botir I. Giyasov

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

ABSTRACT

Introduction. The development of the territories of modern cities contributes to the increase in modern urban development and the development of transport and engineering infrastructure. In this regard, the consumption of petroleum products is increasing, which seriously affects the ecological balance of urban areas. In large cities located in hot regions, the most extreme environmental conditions are formed. The growth of modern high-rise buildings, the intensive use of urban transport makes the air pollution of the city more significant. At high temperatures characteristic of southern cities, the pollution of urban space is the most noticeable.

Materials and methods. The paper analyzes the ecology of hot cities in Russia. The most polluted areas of cities were identified, where the concentration of pollutants exceeds the permissible limits due to lack of air exchange. The role of air flows of thermal origin in the aeration of yard spaces is determined.

Results. On the example of a nine-story residential building in the city of Volgograd, an analysis was made of the forma-

tion of air flows of thermal origin. description of the applied information materials and scientific methods. A graph of field measurements of the speed of convective flows near the facades of the building at different times of the daylight hours, the regulation of which can improve the ecology of urban areas, is given.

Conclusions. Modern cities with a hot climate, which are characterized by high-rise dense buildings, are in environmentally unfavorable conditions. In the yard spaces, areas with stagnation of air and the concentration of pollutants are formed, due to the violation of the aeration of the territory. The studies carried out are of practical importance and can be used to assess the air exchange of inter-house territories in urban planning and the development of urban spaces. The formation of air flows of thermal origin, considered in the study, can contribute to the air exchange of yard spaces and significantly improve the ecological situation.

KEYWORDS: ecology, aeration, dense buildings, urban planning, convective currents, high-rise buildings, hot climate, transport infrastructure, energy consumption

FOR CITATION: Giyasov B.I. The role of climatic factors in forming the ecology of hot cities in Russia. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2025; 20(10):1477-1485. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.10.1477-1485 (rus.).

Corresponding author: Botir I. Giyasov, giyasovbi@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие экономики ведущих стран в современном мире демонстрирует динамический рост. Согласно базовым прогнозам в 2024 и 2025 гг. темп ее роста будет составлять 3,2 %. При этом основной тенденцией мировой экономики станет переход от индустриального к постиндустриальному обществу, где преобладает инновационный сектор с высокопроизводительной промышленностью. Кроме того, большое внимание должно уделяться уровню образования и окружающей среде. Окружающей средой принято считать совокупность природных, антропогенных и природно-антропогенных объектов, окружающих человека. Человек все время стремится совершенствовать окружающую среду, создавая удобную для проживания искусственную среду — жилище и город. Процесс урбанизации, влияющий на увеличение доли городского населения, вызывает увеличение городов. В результате внутренней и внешней миграции в настоящее время около половины населения Земли проживает в городах. В связи с этим в городской среде увеличивается плотность населения, число многоэтажных построек и высотных зданий, стремительными темпами развивается инженерная и транспортная инфраструктура. Таким образом, урбанизация, способствующая увеличению городского населения, приводит к активному развитию городских территорий и негативно влияет на экологию воздушного бассейна города.

Воздушный бассейн — это воздушное пространство в пределах городской территории жизненной среды. Воздушный бассейн города подвергается активному воздействию жизненной среды, что изменяет микроклиматические и экологические условия городской среды. Городская среда, являясь искусственно созданной, формируется с учетом природно-климатических факторов. Активное развитие городских территорий содействует росту разнообразия антропогенных факторов, существенно влияющих на экологию городской среды. Производственные предприятия и городской транспорт, которые активно потребляют топливно-энергетические ресурсы, являются значимыми источниками выбросов, загрязняющих воздушную среду.

Города, для которых характерны сложившиеся природно-климатические условия и определенный тип хозяйственной деятельности, в процессе такого развития изменяют свою структуру. Основные климатические характеристики, которые учитываются при планировании городских территорий, — температурный и ветровой режим, влажность воздуха и солнечная радиация. Рост современных высотных зданий, повышение плотности застройки, меняя архитектуру города, влияют как на экологию, так и на климатические характеристики городской среды. Плотная застройка приводит к нарушению естественной аэрации воздушного бассейна, изменению температурного и радиационного режима развивающихся территорий города [1]. Также при активном использовании горожанами городской территории и транспорта происходит интенсивное загрязнение воздушного бассейна. Наибольшая концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) наблюдается в замкнутых городских территориях в связи со слабой аэрацией. Помимо этого, тепловой режим, который формируется в зависимости от микроклиматических условий городского пространства, оказывает влияние на экологию окружающей среды [2–4].

В зависимости от географического расположения крупные мегаполисы находятся в определенных климатических условиях. Для крупных регионов, мегаполисов и городских пространств характерны макро-, мезо- и микроклиматические явления природы.

Явления природы, которые характеризуют климатические факторы крупного географического ландшафта, принято считать макроклиматическими. Примером могут служить климатические условия территории Сибири, республик Закавказья, республик Центральной Азии. Человечество не в состоянии регулировать, управлять макроклиматическими явлениями.

Мезоклиматические явления природы — это климатические условия, характерные на территории городов. Создавая города с высотными зданиями, искусственными мощениями, территории с искусственными покрытиями, человек может влиять на мезоклиматические явления.

Климатические изменения, происходящие в мелких масштабах конкретных участков, т.е. на улицах

городов, площадок, междомовых пространствах и помещениях, считаются микроклиматическими явлениями. Микроклиматическими явлениями можно управлять и регулировать их параметры. Эти явления играют определяющую роль не только в формировании природно-климатических факторов местности, но и в изменении экологии территорий жизнедеятельности человека [5–7].

Итак, территориям городского пространства присущи микроклиматические явления, которые имеют очаговый характер своего возникновения, они регулируемые и управляемые.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Южным городам России и стран СНГ свойственны признаки жарко-сухого и жарко-влажного климата. Территории Центральной Азии и Казахстана характеризуются жарко-сухим климатом, а территории Закавказья — жарко-влажным. На территории южных городов различают следующие условия жаркого климата: жарко-штилевые и жарко-ветренные погодные условия, а также жарко-сухие и жарко-влажные условия климата. Жарко-штилевые условия климата формируются от особенностей географического расположения города. Наряду с этим при развитии городского строительства на территориях городов создаются штилевые условия, вызванные нарушением аэрации территорий [8–10]. Этому способствует рост количества высотных строений и их плотность. Интенсивное использование го-

родского транспорта и энергоресурсов промышленными и гражданскими зданиями увеличивает загрязнение воздушной среды города. В жарких регионах при штилевых условиях особо ощущается влияние этих выбросов. При этом отсутствие необходимой аэрации территорий городов существенно усугубляет экологическую обстановку. В городском пространстве возникают температурные инверсии, которые создают «острова тепла», приводящие к концентрации и застою воздушных масс [11, 12]. Следовательно, одним из способов улучшения экологической ситуации в указанных обстоятельствах служит регулирование и обеспечение необходимой комфортной аэрации городских территорий. Комфортный аэрационный режим на территории городской среды принято считать при скорости ветра от 1 до 5 м/с. Зоны, где скорость ветра не достигает 1 м/с, признаются непрветриваемыми. Характерные для современных зданий городских территорий большая высотность и типовые прямоугольные в плане формы изменяют скорость ветра, создавая участки с низкой скоростью воздухообмена менее 1 м/с [13]. Наиболее оптимальным аэрационным режимом считаются участки со скоростью ветра от 1 до 3 м/с. Для достижения оптимального аэрационного режима при градостроительном планировании следует по возможности сохранить сложившиеся аэродинамические условия местности. При планировании городской территории, развитии жилых кварталов и обще-



Рис. 1. Карта жарких городов России

Fig. 1. Map of hot cities in Russia

ственных зон необходимо учитывать аэрационный режим.

Таким образом, можно отметить, что в городах с жаркими условиями климата экологическая обстановка усугубляется за счет высокой температуры, увеличения плотно застроенных территорий и вследствие нарушения местных аэродинамических условий. Подобные ситуации особенно ощущаются в самых жарких городах Российской Федерации. По данным Гидрометцентра выделены 15 городов России с жаркими условиями климата (рис. 1).

К самым жарким городам России относятся Волгоград, Астрахань, Краснодар, Сочи, Яшкуль. В Волгограде в летнее время температура может достигать 44–48°, в Астрахани — 35–40°. Город Краснодар отличается влажным субтропическим климатом. В летнее время температура может доходить до более 40°, но небольшая удаленность от моря обеспечивает постоянные прохладные и освежающие бризы.

Климат г. Сочи — субтропический, что не дает даже зимой опускаться температуре ниже нуля. Максимальная температура может достигать 40°. Еще одним из жарких городов России является небольшой городок Яшкуль, где температура летом может быть 35°.

Рост плотности населения в этих городах приводит к потребности в гражданских зданиях, развитии транспортной и инженерной инфраструктуры. Увеличивается потребность в использовании автомобильного транспорта. Наиболее плотно заселен-

ные города России с жарким климатом — Волгоград и Краснодар. В настоящее время население Волгограда составляет 1 008 998 чел., Краснодара — 1 380 000 чел.

Они относятся к числу 60 городов РФ, где ЗВ вредные для человека превышают предельно допустимые нормы в несколько раз. Выбросы в окружающую среду в таких городах производятся из стационарных и передвижных источников. Особое внимание заслуживают передвижные источники, такие как общественный и личный автотранспорт. Активная деятельность стационарных и передвижных источников загрязнения в условиях города увеличивает концентрацию химических соединений в воздушной среде (табл. 1).

Данные химические соединения содержатся не только в газах, но и в твердых частицах диаметром менее 10 мкм, которые образуются из-за выбросов электростанций на ископаемом топливе, производственных процессов и систем отопления, работающих по этой же системе, и благодаря транспорту, работающему на бензине. Попадая через легкие в организм человека, эти соединения могут вызывать различные опасные заболевания. Монооксид углерода является невидимым газом, который образуется при неполном сгорании горючего и в большой концентрации содержится в автомобильных выхлопных газах. Электростанции также выделяют этот газ, но современные электростанции спроектированы более безопасными с обеспечением максимальной эффективности сгорания. Монооксид

Табл. 1. Химические соединения, содержащиеся в воздушном бассейне городов

Table 1. Chemical compounds contained in the air basin of cities

Тип загрязнителя и источник его появления в атмосфере Type of pollutant and source of their appearance in the atmosphere	Класс опасности Hazard class	Предельно допустимая концентрация (ПДК) среднесуточная, мг/м ³ Average daily MPC, mg/m ³	ПДК минимальная разовая, мг/м ³ MPC minimum one-time, mg/m ³
Аммиак (нитрид водорода) (удобрения, утечка с производственных складов) Ammonia (hydrogen nitride) (fertilizers, leakage from production warehouses)	IV	0,4	0,2
Азота диоксид (электростанции, работающие на угле) Nitrogen dioxide (coal-fired power plants)	II	0,04	0,085
Бензол (нефтеперерабатывающие заводы) Benzene (oil refineries)	II	0,1	1,5
Углерода оксид (выхлопы автомобильных двигателей) Carbon monoxide (car exhausts)	IV	3	5
Серы диоксид (сжигание нефти и угля) Sulfur dioxide (burning oil and coal)	III	0,05	0,5
Неорганическая пыль (выбросы электростанций) Inorganic dust (emissions from power plants)	III	0,05	0,15
Свинец (автомобильные выхлопы) Lead (car exhausts)	I	0,0003	–

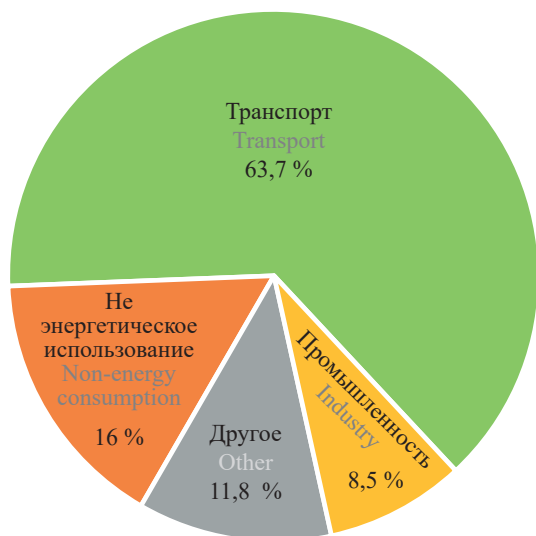


Рис. 2. Потребление нефтепродуктов по отраслям
Fig. 2. Consumption of petroleum products by industry

углерода может приводить к удушью, поскольку вытесняет кислород из кровотока при длительном воздействии и значительных концентрациях. Таким образом, активное развитие транспортного движения в городах способствует формированию экстремальной экологической обстановки, опасной для здоровья человека.

Очевидно, что с увеличением плотности населения в городах, которому способствует внутренняя и внешняя миграция, растет потребность в применении транспорта. Использование традиционного городского транспорта, как правило, связано с потреблением нефтепродуктов транспортным сектором [14]. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в период 1990–2016 гг. в мире транспорт стал самым быстрорастущим сектором потребления нефтепродуктов. Использование нефтепродуктов транспортным сектором в 2017 г. составило около 65 % от потребления по всем отраслям (рис. 2).

В больших городах России с каждым годом наблюдается увеличение транспортных потоков, плот-

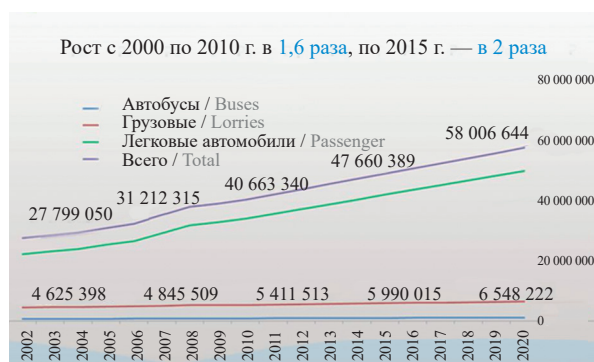


Рис. 3. Динамика роста количества автомобилей в Российской Федерации с 2002 по 2020 г.

Fig. 3. Dynamics of growth in the number of cars in the Russian Federation from 2002 to 2020

ности застройки, развивается инфраструктура. Развита транспортная сеть, образующая совокупность улиц, транспортных проездов, надземных и подземных транспортных линий, обслуживается различными видами городского транспорта. На рис. 3 по данным Федеральной службы государственной статистики представлена динамика роста количества автомобилей в РФ с 2002 по 2020 г.

Как видно из диаграммы, количество автомобилей увеличилось в два раза. В связи с этим в условиях развития городов и населенных пунктов территории деятельности человека преобразуются в потенциальные очаги наибольшей концентрации загрязнения вредными и ядовитыми примесями.

В жарких городах-миллионниках России, к которым относится Волгоград, активное потребление нефтепродуктов городским транспортом способствует выбросам выхлопных газов в городскую среду. Высокие температуры, характерные для г. Волгограда, и выхлопные газы с большой концентрацией химических элементов в воздухе городской территории создают экстремальные экологические условия. Кроме того, замкнутые придомовые пространства в современных мегаполисах формируют зоны с нарушенным воздухообменом [15–17]. В таких пространствах наблюдается высокая концентрация загрязняющих выбросов, негативно влияющих на самочувствие жителей города.

Современные городские строения отличаются прямоугольными формами и значительной высотой. Подобные высотные здания с большой протяженностью по длине существенно препятствуют ветровым потокам, вследствие чего ограничивают аэрацию дворовых пространств [18, 19]. При таких условиях на замкнутых территориях образуются устойчивые зоны с застоями воздуха и концентрацией ЗВ. Высокие летние температуры, характерные для таких жарких городов, как Волгоград, усугубляют влияние ЗВ на окружающую среду и горожан. В этих условиях необходимо искать пути обеспечения воздухообмена в замкнутых дворовых пространствах. Одним из решений данной задачи может быть организация воздухообмена с помощью конвективных потоков термического происхождения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что при разности температуры между поверхностью и окружающим воздухом формируются конвективные потоки. Повышение температуры поверхности происходит путем аккумуляции тепла от солнечной энергии. Аккумуляция тепла элементами застройки зависит от способности инсолируемых поверхностей поглощать или отражать солнечную радиацию. Включение в городскую архитектуру огромного количества элементов, сохраняющих тепло, таких как бетон, асфальт, металлы, стекло и другие, уменьшает альбедо (табл. 2) [20]. Это спо-

Табл. 2. Значение альbedo различных поверхностей

Table 2. Albedo value of different surfaces

Вид поверхности Surface type	Значение альbedo The meaning of albedo
Асфальтное покрытие Asphalt pavement	0,05–0,20
Бетонная поверхность Concrete surface	0,10–0,35
Металлическое покрытие Metallic coating	0,10–0,15
Стекло Glass	0,75–0,90
Газон Lawn	0,25–0,30
Почва Soil	0,10–0,30

собствует значительному повышению температуры инсолируемых поверхностей.

В связи с этим тепло, которое аккумулируется в дневное время деятельной поверхностью, создает повышение среднесуточных показателей температур, отдавая это тепло в вечернее и ночное время. С другой стороны, инсолируемые и затененные поверхности элементов дворового пространства, создавая разность температур, формируют конвективные потоки. На основе анализа мезоклиматических условий г. Волгограда установлено, что летом интенсивность

солнечной радиации в дневное время на горизонтальные поверхности достигает 940 Вт/м², на вертикальные — 810 Вт/м², температура воздуха +46 °С при слабом ветре до 3 м/с. При этом температура инсолируемых поверхностей городской застройки достигает +75 °С. Температура поверхностей, находящихся в тени, достигает лишь +25 °С. Поверхность инсолируемого асфальта и находящегося под тенью деревьев создает разницу температур 20–25 °С. В штилевых условиях подобная разница температур создает воздушные потоки термического происхождения, обеспечивая циркуляцию воздушных масс на местности. Разность температур различных рядом расположенных поверхностей влияет на активность и мощность конвективных потоков, формируя у фасадов зданий мощные турбулентные потоки [21–23]. Для оценки формирования конвективных потоков у фасадов здания были проведены натурные измерения скорости конвективных потоков у фасадов девятиэтажного жилого дома в г. Волгограде. На основе замеров построен график изменения максимальной скорости конвективного потока по высоте здания у стен разной ориентации в период светового дня (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что в течение светового дня у разных фасадов здания формируются конвективные потоки различной интенсивности, скорость которых достигает до 3 м/с. Определено, что конвективные потоки имели большую продолжительность около восточной и южной стен. У восточной стены конвективные потоки наблюдались с 17–21 ч. При этом толщина движущегося слоя увеличивалась, начиная от основания до верха здания. Максимальная скорость фиксировалась у верха стены здания восточной ориентации и достигала 2,84 м/с в 14 ч, у западного фасада — 3,2 м/с в 18 ч, у южного фасада — 2,78 м/с в 14 ч.

Замкнутые дворовые пространства, как совокупность горизонтальных и вертикальных поверхностей, являются аккумуляторами солнечной радиации, способствующими формированию воздушных потоков. Проведенные исследования и замеры показали, что у фасадов разной ориентации воздушные потоки термического происхождения имеют различную скорость в разное время. При таких условиях немаловажную роль в регулировании аэрационного режима играют благоустройство и озеленение междомовых территорий. На основе выполненных исследований построена модель формирования воздушного потока термического происхождения для дворового пространства при разных условиях озеленения (рис. 5).

Из модели (рис. 5) видно, что аэрационный режим городских территорий при жарко-штилевых условиях климата можно регулировать. В городах с высокими температурными показателями при плотной застройке образуются зоны с застоями воздуха и высокой концентрацией загрязняющих выбросов.

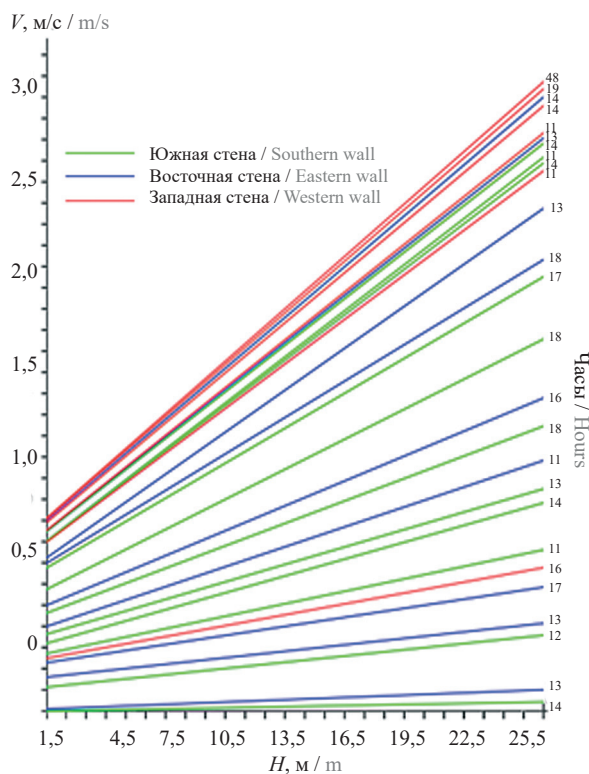


Рис. 4. Изменения максимальной скорости у стен здания в течение светового дня

Fig. 4. Changes in the maximum speed at the walls of the building during daylight hours

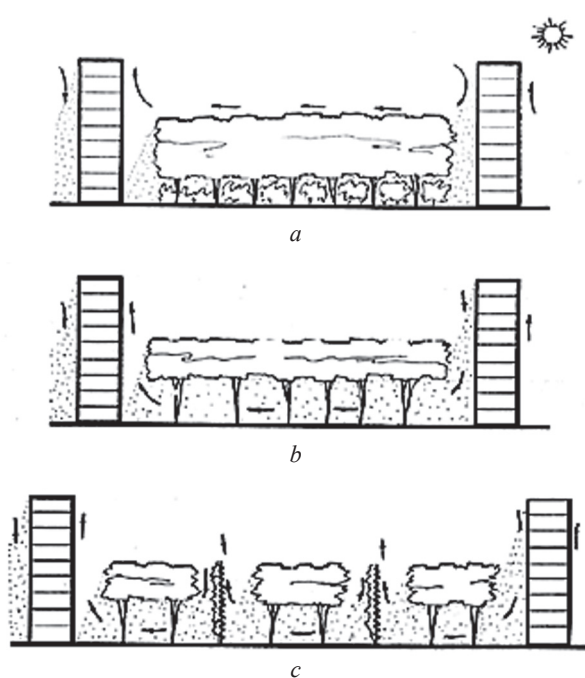


Рис. 5. Влияние характера озеленения двора на формирование воздушного потока: *a* — низкоштабное, крупнокронное озеленение; *b* — высокоштабное, крупнокронное озеленение; *c* — разделение большого пространства двора жалюзийными стенками

Fig. 5. The influence of the nature of yard landscaping on the formation of air flow: *a* — low-stem, large-crown landscaping; *b* — high-stem, large-crown landscaping; *c* — division of a large courtyard space with louvered walls

Правильная оценка градостроительных факторов, оптимизация благоустройства городских кварталов с учетом инсоляционного режима способствуют формированию конвективных потоков и улучшению аэрационного режима городских территорий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

В крупных городах с жаркими условиями климата сочетание высокой температуры и загрязняющих веществ в воздухе создают экстремальную экологическую обстановку.

Замкнутые дворовые пространства, характерные для городской застройки, формируют участки, где концентрация ЗВ превышает пределы допустимой в связи с нарушением воздухообмена.

Инсоляция поверхностей городской застройки в разное время светового дня создает разность температур в дворовом пространстве, в связи с чем формируются конвективные потоки, улучшающие воздухообмен территории.

Ориентация зданий, планировочные решения, озеленение, расстояния между зданиями и их высота создают условия для инсоляции, что способствует возникновению регулируемых конвективных потоков.

При планировании городских территорий в условиях жаркого климата следует учитывать условия возникновения воздушных потоков термического происхождения и искать пути их регулирования, что может обеспечить необходимую аэрацию и улучшить экологию городской среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Гиясов Б.И., Зуева М.К.* Исследование факторов, влияющих на экологию воздушного бассейна современных городов // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 4. С. 19–24. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-4-19-24. EDN UTHTXY.

2. *Большеротов А.Л., Пряхин В.Н.* Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 72–76. EDN KVUXEV.

3. *Кочуров Б.И., Ивашкина И.В.* Экологические критерии и показатели территориального планирования города // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 24–32. EDN NBGYEL.

4. *Кашинцева В.Л., Леонова Д.А., Гиясов Т.Б.* Роль конвективных потоков в экологии воздушного бассейна города // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 12 (1012). С. 27–30. EDN VNBPVF.

5. *Hosseini M., Javanroodi K., Nik V.M.* High-resolution impact assessment of climate change on building energy performance considering extreme

weather events and microclimate — Investigating variations in indoor thermal comfort and degree-days // Sustainable Cities and Society. 2022. Vol. 78. P. 103634. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103634

6. *Pioppi B., Pisello A.L., Ramamurthy P.* Wearable sensing techniques to understand pedestrian-level outdoor microclimate affecting heat related risk in urban parks // Solar Energy. 2022. Vol. 242. Pp. 397–412. DOI: 10.1016/j.solener.2021.05.076

7. *Степанова Н.В., Шлычков А.П.* Влияние комплекса метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха города // Казанский медицинский журнал. 2004. Т. 85. № 5. С. 380–383. EDN HRMKPX.

8. *Чекмарева О.В.* Использование модели улицы промышленного города для управления пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу (на примере г. Оренбурга) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2005. С. 235–238.

9. *Giyasov B.I., Giyasov T.B.* Factors affecting modern urban environment // E3S Web of Confer-

ences. 2020. Vol. 217. P. 02006. DOI: 10.1051/e3s-conf/202021702006

10. Скобелева Е.А., Абрамов А.В., Пилипенко О.В., Пчеленок О.А., Родичева М.В. Прогнозирование динамики воздушной среды в городской застройке // Строительство и реконструкция. 2019. № 1 (81). С. 106–114. DOI: 10.33979/2073-7416-2019-81-1-106-114. EDN GPZNCG.

11. Koeperke M., Monstadt J., Pilo' F., Otsuki K. Rethinking energy transitions in Southern cities: Urban and infrastructural heterogeneity in Dar es Salaam // Energy Research & Social Science. 2021. Vol. 74. P. 101937. DOI: 10.1016/j.erss.2021.101937

12. Wang Q., Wang Y., Fan Y., Hang J., Li Y. Urban heat island circulations of an idealized circular city as affected by background wind speed // Building and Environment. 2019. Vol. 148. Pp. 433–447. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.11.024

13. Сокольская О.Н. Архитектурно-планировочные средства для создания благоприятной экологической обстановки в городах с жарко-штилевыми климатическими условиями // Вестник Таджикского технического университета. 2009. Т. 2–6. № 6. С. 39–41. EDN MBHEUF.

14. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в транспортном секторе // Энергосбережение. 2010. № 1. С. 26–33. EDN UZCZRP.

15. Гиясов А., Баротов Ю.Г. Роль зеленых насаждений в оздоровлении микроклимата городской застройки южных районов // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 3. С. 90–97. DOI: 10.24411/1816-1863-2018-13090. EDN YQITXF.

16. Cheng B., Gou Z., Zhang F., Feng Q., Huang Z. Thermal comfort in urban mountain parks

in the hot summer and cold winter climate // Sustainable Cities and Society. 2019. Vol. 51. P. 101756. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101756

17. Konijnendijk C.C. Science for the Sustainable City: Empirical insights from the Baltimore School of Urban Ecology // Urban Forestry & Urban Greening. 2020. Vol. 53. P. 126737. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126737

18. Табуничиков Ю.А., Шилкин Н.В. Аэродинамика высотных зданий // АВОК. 2004. № 8. С. 21–23.

19. Huang J., Gu M., Gao Y. Blockage effects on aerodynamics of isolated tall buildings under uniform turbulent flows // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2021. Vol. 212. P. 104607. DOI: 10.1016/j.jweia.2021.104607

20. Ким Д.А. Влияние городского острова тепла на микроклимат урбанизированного пространства // Инженерный вестник Дона. 2021. № 12 (84). С. 435–445. EDN JLNMEQ.

21. Самарин О.Д. Нормирование энергопотребления здания с учетом теплопоступлений от солнечной радиации // Жилищное строительство. 2013. № 1. С. 32–33. EDN PVXZBJ.

22. Giyasov B.I., Giyasova I.V. Regulation of air exchange in urban areas to improve their environment // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. P. 01034. DOI: 10.1051/mateconf/201819301034

23. Малявина Е.Г., Бирюков С.В. Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2008. № 2. С. 40–44. EDN IJPZCZ.

Поступила в редакцию 4 ноября 2024 г.

Принята в доработанном виде 4 августа 2025 г.

Одобрена для публикации 8 августа 2025 г.

ОБ АВТОРЕ: **Ботир Иминжонович Гиясов** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектурно-строительного проектирования; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 297626, Scopus: 57201187213, ORCID: 0000-0002-6413-1902; giyasovbi@mgsu.ru.

REFERENCES

1. Giyasov B.I., Zueva M.K. Study of factors affecting ecology of the air basin in modern cities. *Ecology of Urban Areas*. 2021; 4:19-24. DOI: 10.24412/1816-1863-2021-4-19-24. EDN UTHTXY. (rus.).

2. Bolsherotov A.L., Pryakhin V.N. Ecological problems of densely built-up urban areas. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2009; 3:72-76. EDN KVUXEV. (rus.).

3. Kochurov B.I., Ivashkina I.V. Environmental criteria and indicators of urban planning. *Regional*

Environmental Issues. 2010; 4:24-32. EDN NBGYEL. (rus.).

4. Kashintseva V.L., Leonova D.A., Giyasov T.B. The role of convective flows in the urban air basin ecology. *Bulletin of Construction Equipment*. 2018; 12(1012):27-30. EDN VNBPVF. (rus.).

5. Hosseini M., Javanroodi K., Nik V.M. High-resolution impact assessment of climate change on building energy performance considering extreme weather events and microclimate — Investigating variations in indoor thermal comfort and degree-days. *Sustainable*

Cities and Society. 2022; 78:103634. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103634

6. Pioppi B., Pisello A.L., Ramamurthy P. Wearable sensing techniques to understand pedestrian-level outdoor microclimate affecting heat related risk in urban parks. *Solar Energy*. 2022; 242:397-412. DOI: 10.1016/j.solener.2021.05.076

7. Stepanova N.V., Shlychkov A.P. Effect of complex of meteorologic conditions on atmospheric pollution of the city. *Kazan Medical Journal*. 2004; 85(5):380-383. EDN HRMKPX. (rus.).

8. Chekmareva O.V. Using a street model of an industrial city to control dust and gas emissions from road transport into the atmosphere (on the example of Orenburg). *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2005; 235-238. (rus.).

9. Giyasov B.I., Giyasov T.B. Factors affecting modern urban environment. *E3S Web of Conferences*. 2020; 217:02006. DOI: 10.1051/e3sconf/202021702006

10. Skobeleva E.A., Abramov A.V., Pilipenko O.V., Pchelenok O.A., Rodicheva M.V. Predicting the dynamics of the air environment in urban areas. *Building and Reconstruction*. 2019; 1(81):106-114. DOI: 10.33979/2073-7416-2019-81-1-106-114. EDN GPZNCG. (rus.).

11. Koepke M., Monstadt J., Pilo' F., Otsuki K. Rethinking energy transitions in Southern cities: Urban and infrastructural heterogeneity in Dar es Salaam. *Energy Research & Social Science*. 2021; 74:101937. DOI: 10.1016/j.erss.2021.101937

12. Wang Q., Wang Y., Fan Y., Hang J., Li Y. Urban heat island circulations of an idealized circular city as affected by background wind speed. *Building and Environment*. 2019; 148:433-447. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.11.024

13. Sokolskaya O.N. Architectural planning tools for creating a favorable environmental situation in cities with hot-calm climatic conditions. *Bulletin of the Tajik Technical University*. 2009; 2-6(6):39-41. EDN MBHEUF. (rus.).

Received November 4, 2024.

Adopted in revised form on August 4, 2025.

Approved for publication on August 8, 2025.

14. Bashmakov I.A. Improving energy efficiency in the transport sector. *Energoberezhnie*. 2010; 1:26-33. EDN UZCZRP. (rus.).

15. Giyasov A., Barotov Y.G. The role of green spaces in improving the microclimate of urban development of the southern regions of SNG. *Ecology of Urban Areas*. 2018; 3:90-97. DOI: 10.24411/1816-1863-2018-13090. EDN YQITXF.(rus.).

16. Cheng B., Gou Z., Zhang F., Feng Q., Huang Z. Thermal comfort in urban mountain parks in the hot summer and cold winter climate. *Sustainable Cities and Society*. 2019; 51:101756. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101756

17. Konijnendijk C.C. Science for the Sustainable City: Empirical insights from the Baltimore School of Urban Ecology. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020; 53:126737. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126737

18. Tabunshchikov Yu.A., Shilkin N.V. Aerodynamics of high-rise buildings. *AVOK*. 2004; 8:21-23. (rus.).

19. Huang J., Gu M., Gao Y. Blockage effects on aerodynamics of isolated tall buildings under uniform turbulent flows. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2021; 212:104607. DOI: 10.1016/j.jweia.2021.104607

20. Kim D.A. The influence of the urban heat island on the microclimate of urbanized space. *Engineering journal of Don*. 2021; 12(84):435-445. EDN JLNMEQ. (rus.).

21. Samarin O.D. Rationing of energy consumption of the building, taking into account heat gains from solar radiation. *Housing Construction*. 2013; 1:32-33. EDN PVXZBJ. (rus.).

22. Giyasov B.I., Giyasova I.V. Regulation of air exchange in urban areas to improve their environment. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 193:01034. DOI: 10.1051/matecconf/201819301034

23. Malyavina E.G. Calculation of the air regime of multi-storey buildings with different indoor temperatures. *AVOK*. 2008; 2:40-44. EDN IJPZCZ. (rus.).

B I O N O T E S: **Botir I. Giyasov** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Architectural and Construction Design; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 297626, Scopus: 57201187213, ORCID: 0000-0002-6413-1902; giyasovbi@mgsu.ru.