

Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

Urban and rural settlement planning

Научная статья
УДК 711.4:551.58
DOI: 10.14529/build230101

ЗНАЧЕНИЕ ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА В РЕГУЛИРОВАНИИ МИКРО- И ЭКОКЛИМАТА

А.И. Гиясов, *adham52@mail.ru*

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Ветер является одним из важных факторов в оздоровлении городской среды. В статье рассмотрена актуальная проблема по определению наиболее значительной особенности городского климата, острова тепла, который характеризуется повышенными по сравнению с загородной местностью температурами воздуха и термическим режимом деятельной поверхности. Отмечено, что подобная разница в температурных и термических условиях заметно проявляется в городах южных географических широт. Целью исследования является выявление роли городского острова тепла в регулировании микро- и экоклимата. В статье приводится классификация городских ветров. Составлена математическая модель городского острова тепла и ее трансформация. Определены возможные пути рационального выбора методов формирования архитектурной планировки, объемной и композиционной организации городского ландшафта, способствующие образованию местных ветров естественного проветривания городской территории на уровне мезо- и микроклимата. Установлена важность городского теплового острова в формировании микро- и экоклимата. Создана следующая модель процессов циркуляции воздуха: макроаэрация – локальные циркуляции воздуха, происходящие в большом географическом ландшафте, между городом и пригородом, акваториями и лесными массивами; мезоаэрация – локальные ветры, которые развиваются в пределах плотно застроенной территории, чередующиеся городские районы и зеленые зоны; микроаэрация – местные ветры, в интервале зеленых и незеленых зон, в пространстве между инсолируемыми и затененным фасадами; наноаэрация – локальные ветры между небольшими участками теплых и холодных островов городской местности. Определены предпосылки для дальнейших исследований по выявлению трансформационных изменений на тепловых островах городов в макро-, мезо-, микро- и наномасштабе и возможные методы включения их в архитектурно-строительное проектирование и строительство зданий и сооружений.

Ключевые слова: город, остров тепла, инсоляция, аэрация, среда, макроклимат, мезоклимат, микроклимат, наонаклимат, экоклимат, морфоаэрация

Благодарности. Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры архитектурно-строительного проектирования и физики среды Национального исследовательского Московского государственного строительного университета «Функция, конструкция, среда в архитектуре зданий» в аспекте «Тепловая безопасность в изменении климата».

Для цитирования. Гиясов А.И. Значение городского острова тепла в регулировании микро- и экоклимата // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 1. С. 5–15. DOI: 10.14529/build230101

Original article
DOI: 10.14529/build230101

THE SIGNIFICANCE OF AN URBAN HEAT ISLAND IN THE REGULATION OF MICRO- AND ECO-CLIMATES

A.I. Giyasov, *adham52@mail.ru*

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Abstract. This article determines the most significant features of the urban climate – heat islands – which are characterized by higher air temperatures and thermal regime of the active surface compared to the countryside. Differences in temperature and thermal conditions are noticeably manifested in cities of southern geographic latitudes. The study

identifies the role of the urban heat island in the regulation of micro- and eco-climates and provides a classification of urban winds. A mathematical model of the urban heat island and its transformation has been compiled. Possible methods for the formation of architectural planning, and the volumetric and compositional organization of the urban landscape, which contribute to the wind's natural ventilation of urban areas at the meso- and micro-climate levels, are determined. The importance of the urban heat island in the formation of micro- and eco-climates has been established. A model of air circulation has been created: macro-aeration – local air circulation occurring in a large geographical landscape, between the city and the suburbs, water areas and forests; meso-aeration – local winds that develop within a densely built-up area, alternating urban areas and green areas; micro-aeration – local winds in the interval of green and non-green zones, in the space between insolated and shaded facades; nano-aeration – local winds between small patches of warm and cold islands in an urban area. The study gives suggestions for further research on identifying transformational changes on the heat islands of cities at the macro-, meso-, micro- and nano-scale and possible methods for including them in architectural and construction planning and construction of buildings and structures.

Keywords: city, heat island, insolation, aeration, environment, macroclimate, mesoclimate, microclimate, nonclimate, ecoclimate, morphobuilding

Acknowledgments. The work was carried out in accordance with the research plan of the Department of Architectural and Construction Design and Physics of the Environment of the Moscow State University of Civil Engineering: "Function, design, and environment in the architecture of buildings – thermal safety in climate change".

For citation. Giyasov A.I. The significance of the urban heat island in the regulation of micro- and ecoclimate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture.* 2023;23(1):5–15. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230101

Введение

Проблематичный аспект урбанизации, а также качество окружающей среды, связанное с ней, должны быть рассмотрены в непрерывной связи с аспектом «человек – городское пространство – окружающая среда».

В настоящее время городские агломерации занимают порядка 0,3 % площади Земли, при этом в них сконцентрировано около 40 % населения планеты.

Согласно оценкам профильных комитетов ООН в 2050 году процент населения, проживающего в городских районах, будет неуклонно возрастать. К середине века доля городского населения составит приблизительно 70 % от всего населения мира. Большие городские агломерации уже сейчас приобрели новую функцию, являясь стимулятором новых производств и промышленных процессов. Уже сейчас города становятся маяками, где сфокусированы и интегрированы различные виды народнохозяйственной деятельности.

Основным фактором антропогенного загрязнения является сам город и городская застройка. Она способна изменять ветровой режим, ухудшая экологическое состояние атмосферы.

Очевиден тот факт, что городское тепловое загрязнение атмосферы, формируемое при сочетании жаркой погоды с маловетрием, вызывает у жителей различные респираторные заболевания, отеки дыхательных путей, на фоне которых развиваются заболевания нервной и сердечно-сосудистой систем.

Урбанизация городов влияет на климат путем увеличения температуры воздуха. Главный источник тепла для городской среды – это солнечная радиация. Основная ее часть достигает деятельной поверхности города и повышает температуру воздуха. Во всех городах – и больших, и малых – прослеживается эта тенденция. Образование го-

родских островов тепла как устойчивых положительных температурных аномалий фиксируется наиболее полно. Величина и трансформационная активность городских островов тепла зависит от величины площади территорий, плотности застройки, а также условий сочетаний и контрастности с островами прохлады. На активность островов тепла значительно влияют теплоемкость массивной деятельной поверхности городов, численность населения, географическое положение и ряд других природно-климатических условий местности [1]. Отмечается, что чем больше площадь и объем городов, активность солнечного излучения, тем больше термическая контраст и температурные различия как в пределах города, так и между городом и пригородом.

Различия между городской агломерацией и пригородом наиболее ярко проявляются в ясную солнечную погоду. Они исчезают, когда стоит облачная погода и дует сильный ветер.

Образованию городских островов тепла как области повышенной температуры воздуха, имеющей вид купола, способствует повышение температуры воздуха внутри города. От метеорологических условий и особенностей планировки города зависит размер острова тепла и другие его показатели. В условиях безветрия и маловетрия городские острова тепла проявляют стабильность. Ветер и атмосферные осадки способны разрушать острова тепла.

Образование острова тепла в пределах застроенной многоэтажной и высотной территории городов имеет ряд положительных и отрицательных микро- и экологических эффектов.

Приоритетной является роль ветра при охраняемых мероприятиях и улучшении окружающей человека микро- и экологической среды обитания.

Скорость горизонтальных и вертикальных компонентов скорости ветра определяется из теории бризов по известным расчетным формулам.

Циркуляция воздушных потоков «город–пригород» может приближенно рассматриваться в качестве аналога ветра полей [2, 3].

Установлены максимальные значения интенсивности островов тепла при разности температур городской и пригородной зон. Они составляют для Штутгарта около 4 °С, Москвы и Берлина – порядка 8 °С, Лондона – 8,5 °С [4–6].

Произведенными нами исследованиями установлено, что воздух на территории застройки южных городских агломераций стран СНГ на 6–8 °С теплее, чем пригорода, и максимальное значение температуры составляет примерно 45–48 °С. Данный разброс температур зависит от масштаба застройки и её плотности, количества людей, проживающих на данной территории. При этом на территории сельской местности, окружающей город, фиксировалась температура до 42 °С.

Жилая среда города существенно отличается от естественной среды природы. Причина заключается в том, что на территории современного города расположены большое количество зданий, различные производства, средства техники и транспорта, проживает больший процент людей, что и благоприятствует образованию островов тепла. Биосфера подвергается существенному изменению в результате жизнедеятельности людей. Причем сам же человек остро чувствует последствия изменения биосферы. Отсутствие единой позиции по данному вопросу у специалистов разных направлений усугубляет решение данной проблемы [7–13].

Возникновение островов тепла на территории городов является, вероятно, наиболее наглядным, хорошо доказанным примером непреднамеренных естественных изменений климата как на территории городов, застроенных высотными зданиями, так и трансформации подвижности воздуха между городом и приграничными территориями [14, 15].

Градиент температуры соответствует «утесу» острова тепла. Это фиксируется на стыке города и пригородной зоны. Данный градиент может достигать до 4 °С км⁻¹. Температура в городе незначительно повышается в направлении к центру. Такая однородность изменения температуры нарушается под воздействием наличия холодных областей, к которым относят парки, зеленые скверы, водные пространства, а также области промышленной и административной застройки. В центре города расположены «пики» островов тепла. Зачастую температуры там максимальны и достигают до 50 °С, в некоторых городах и более [16–18].

Огромное количество научных работ посвящены изучению процесса образования острова тепла. Однако механизмы формирования и трансформации городского острова тепла при взаимодействии инсоляции с энергоактивной деятельной поверхностью города изучены и раскрыты не полностью. Это факт требует проведения дальнейших исследований в этой области.

Необходимо разработать практические расчетные методы с целью применения их в градостроительном проектировании.

Отмечается, что оптимальными условиями для формирования стационарного острова тепла является образование слабого ветра или штилевые условия и безоблачное небо. Подобными климатическими условиями характеризуются многие города, расположенные в пределах от 0 до 45° северной и южной широты от экватора вверх и вниз. Примером могут служить следующие города земного шара: Тирана, Бухарест в Европе; Берн, Джакарта, Никосия, Дели в Азии; Абиджан, Эль-Джазаир, Яунде в Африке; Мехико, Рио-де-Жанейро, Сантьяго в Америке, а также Алматы, Душанбе, Самарканд, Ташкент в Центральной Азии; Батуми, Ереван, Цхалтубо в республиках Закавказья; Краснодар, Махачкала, Новороссийск, Астрахань на Северном Кавказе и Южном регионе России и множество другие города.

Методы

Изучение процесса формирования городских островов тепла разного масштаба и их конфигурации проводилось экспериментально-модельным исследованием путем имитации нагрева городского деятельного ландшафта на основе метода теории моделирования [19–21]. Для составления математической модели городского острова тепла и ее трансформации проводились целенаправленные масштабные натурные исследования метеорологических факторов на территории южных городов Душанбе и Бишкек с применением современных метеорологических, теплофизических и актинометрических инструментов [22]. Экспериментальные измерения проводились рабочей группой, состоящей из студентов, магистров и аспирантов под руководством и с непосредственным участием автора. С целью подтверждения достоверности результатов были обобщены и проанализированы данные Среднеазиатского научно-исследовательского гидрометеорологического института им. В.А. Бугаева и республиканского метеорологического управления по изучаемым городам [23–26].

Оценка формирования островов тепла по характерным городам Центральной Азии, таких как Бишкек, Душанбе, Ташкент и Бука, характеризующихся продолжительностью 6–8 месяцев летнего периода с высокой интенсивностью солнечного излучения до 980 Вт/м², температурой воздуха до +45 °С и низкой влажностью 25–30 %, обусловливаемым целым рядом факторов климата городской ситуации, производилась с учетом следующих условий:

- процесса инсоляции территории городов в качественном и количественном отношении;
- степени поглощения тепла деятельной поверхностью городов;
- эффективного излучения теплоаккумулирующей деятельной поверхности застройки;

- увеличения поглощения коротковолновой радиации и воспроизводства длинноволновой радиации вследствие уплотнения застройки;
- большого запаса тепла, приобретаемого городом при инсоляции в течение светового дня;
- увеличения в черте городов шероховатых поверхностей вследствие разноэтажности зданий;
- выделения тепла антропогенного характера деятельного слоя морфоастройки;
- снижения теплоотдачи за счет снижения площади озеленения и обводнения;
- ослабления теплоотдачи путем испарения деятельной поверхности городских территорий из-за снижения площади озелененных и обводненных зон;
- повышения тепла за счет турбулентного обмена из-за ослабления скорости ветра внутриквартальных городских застроек.

Результаты

Условия исследования позволяют оценить развитие микроклиматических и экологических особенностей и различия, обусловленные термическим разнообразием свойств деятельной поверхности городов. В связи с этим, проанализировав формирование островов тепла, в зависимости от масштаба их термодинамических и аэродинамических явлений в пределах крупных городов следует привести следующую классификацию:

- макроострова тепла, включающие термо- и аэродинамические процессы, происходящие на всей территории городов, создающие тепловую оболочку городов, и взаимосвязь их с пригородной зоной;
- мезоострова тепла, включающие термо- и аэродинамические процессы территории жилого района, микрорайона, промышленной зоны, территории общественного комплекса городов и прочие, создающие фрагменты тепловой оболочки на отдельных масштабных зонах городского ландшафта;
- микроострова тепла, включающие термо- и аэродинамические процессы, происходящие на незастроенных площадях, улицах и дорогах, междомовых и других городских территориях, создающие тепловые оболочки небольшого фрагмента застройки городского ландшафта;
- наноострова тепла, включающие термо- и аэродинамические процессы непосредственно в очагах микроклимата, создающие тепловую оболочку зда-

ния и человека в небольших площадях, в тени от древесного насаждения и солнцезащитных устройств, в непосредственной близости к зданию, в инсолируемой или теневой придомовой территории.

Различия температуры воздуха между изучаемыми городами и сельским ландшафтом в макромасштабе оказываются значительными – до 5...7 °С, и обуславливают макробризы между городом и пригородом. Температурные контрасты между городом и пригородом ярче всего проявляются во вторую половину дня и ближе к вечернему времени, непосредственно перед закатом при аккумулировании тепла инсолируемых в течение дня теплоемких искусственных поверхностей городской постройки (рис. 1).

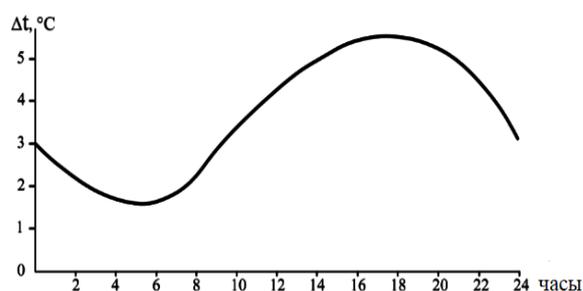


Рис. 1. Суточный ход разности температур между городом и пригородом (г. Душанбе, июль 2022 г.)

Поле температуры территории мезомасштаба исследуемых городов ограничивается замкнутыми изолиниями в пределах плотно застроенной высотными зданиями кварталов морфоастройки, между последним и озелененной парковой зоной, зеленым садом, сквером, водными городскими акваториям и формируются местные мезобризы. В пределах территории микромасштаба городских планировочных структур формируются очаги острова тепла, создающие микрополе температуры, обуславливающие картину локального микробриза за счет термического контраста до 20 °С между отдельными частями городского деятельного ландшафта. Образовавшиеся бризы проявляются при штилевых и маловетреных условиях и безоблачном небе, а также трансформируются при наличии ветра динамического характера (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Классификация городских ветров

Происхождение и характер	Местный ветер			
	Макробриз городской	Мезобриз городских территорий	Микробриз городских структур	Нанобризы городских мини-территорий
1	2	3	4	5
Особенность топографии	Город и пригород	Термически контрастные острова тепла и прохлады	Инсолируемые и теневые фасады	Энергоконтрастные деятельные поверхности, мини-острова тепла и прохлады

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Особенность возмущения	Периодический градиент температуры в системе город – пригород	Термический периодический градиент температуры в системе острова тепла – острова прохлады в пределах города	Термический периодический градиент температуры между облучаемыми – теневыми фасадами	Периодический градиент температуры между энергоактивными и прохладными мини-островами
Суточная периодичность	Суточная периодичность направления и скорости	Суточная периодичность направления и скорости	Суточная периодичность направления и скорости	Суточная периодичность направления и скорости
Направленность	Дующий днем и ночью от пригорода к городу	Дующий периодически или непрерывно со стороны прохладной зеленой островной зоны в сторону энергоактивной территории	Дующий периодически или непрерывно со стороны теневого в сторону инсолируемого фасада	Формирующийся между термически контрастными мини-площадями, между разноинсолируемыми и теневыми помещениями зданий



а)



б)



в)

Рис. 2. Примеры формирования острова тепла в городских структурах: а – городской остров тепла на мезоуровне (<https://www.google.ru/>); б – остров тепла у термоактивных поверхностей зданий на микроуровне (Душанбе, июль 2022 г.); в – выраженность городского острова тепла на наноуровне (Душанбе, июль 2022 г.)

Рассматривая город и его сложную морфологическую структуру как нагревающуюся под воздействием инсоляции горизонтальную плиту с шероховатостью разновысотной и плотностной застройки с целью аэрации ее местными ветрами термического происхождения, составили модель формирования городского острова тепла (рис. 3).

Физико-математические зависимости конвективного потока воздуха термического происхождения на островах тепла и прилегающей территории городов сформированы на основе обобщения теоретических исследований и исследований, выполненных в реальных условиях. Данный поток формируется над термически активной деятельной поверхностью города при инсоляции. Полученные зависимости являются основой для качественной и количественной оценки параметров естественной аэрации городской застройки (табл. 2).

При анализе вертикальных профилей скорости ветра у поверхности и в нижнем слое воздуха, в зоне пребывания и перемещения человека замечено формирование локальных ветров. Скорость местных локальных ветров внутри городской объемно-планировочной структуры в зависимости от температурных контрастов 10–12 °С между островами тепла и прохлады достигает до 3,5 м/с, а выше среднего уровня крыши высотных зданий можно описать как струю со скоростью до 5 м/с (рис. 4).

Наиболее верным решением в проблеме снижения загрязненности воздушного бассейна в южных городах с жарким климатом является регулирование аэрационного режима.

При инверсионном характере изменения температур происходит увеличение уровня загрязнённости атмосферы. Максимум повторяемости приземных инверсий (96...99 %) наблюдается в ночные часы летом. Это приводит к негативным последствиям трансформации острова тепла и к образованию смога (рис. 5).

Значительна роль местных ветров, которые формируются в результате функционирования городских островов тепла и способствуют очищению атмосферы от загрязняющих веществ. При их развитии загрязняющие негативные примеси поднимаются конвективными потоками в верхние слои атмосферы и удаляются на большие расстояния, далее рассеиваясь общециркуляционным ветровым фоном. Мощность конвективных и адвективных потоков и их активность прямо пропорциональны разности нагрева различных рядом расположенных островов тепла городских территорий. Конвективные и адвективные потоки между контрастными теплыми и прохладными очагами микроклимата, формирующиеся вследствие архитектурно-композиционных и объемно-планировочных решений городских образований, а также средствами организации благоустройства

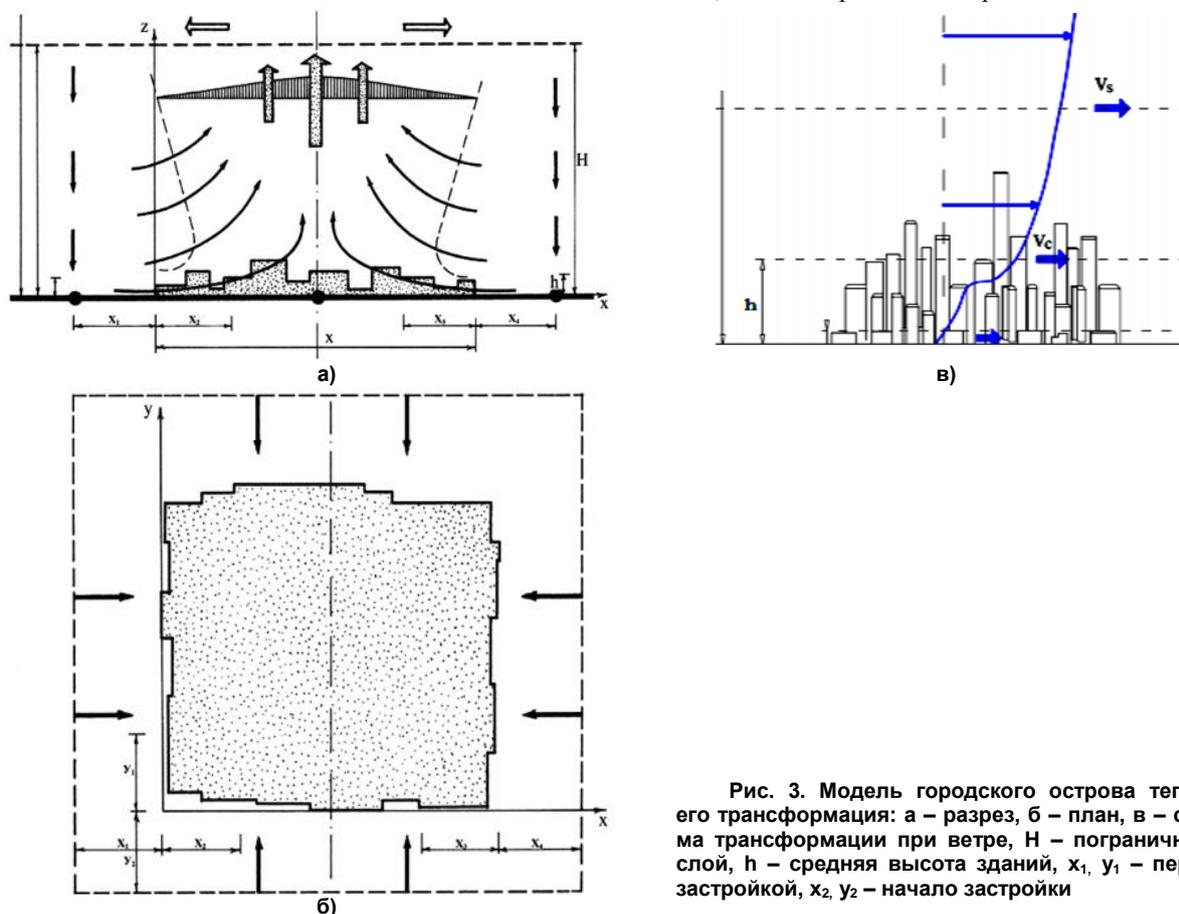


Рис. 3. Модель городского острова тепла, его трансформация: а – разрез, б – план, в – схема трансформации при ветре, Н – пограничный слой, h – средняя высота зданий, x_1 , y_1 – перед застройкой, x_2 , y_2 – начало застройки

Таблица 2

Физико-математическая модель тепловой струи над городом

№ п/п	Определяемая величина	Расчетные формулы	Коэффициент пропорциональности для нагретой поверхности	Размерность коэффициента пропорциональности
1	Скорость на оси струи м/с	$v_m = CQ^{1/3}Z^{-1/3}$	$C = 0,168$	$M^{4/3}(C \cdot Bt^{1/3})$
2	Расход воздуха в восходящей струе, м ³ /ч	$W_e = CQ^{1/3}Z^{5/3}$	$C = 21,2$	$M^{4/3}/(Bt^{1/3} \text{ ч})$
3	Расстояние от нагретой поверхности до полюса струи, м	$Z = P d$	$P = 1,7$	–
4	Расход стекающего воздуха в струю с окраины: – в контур круглой струи, м ³ /ч – в контур квадратной струи, м ³ /ч – в контур прямоугольной струи, м ³ /ч	$W_c = \frac{CQ^{1/3}Z^{5/3}}{2\pi R}$ $W_c = \frac{CQ^{1/3}Z^{5/3}}{4\alpha}$ $W_c = \frac{CQ^{1/3}Z^{5/3}}{2(\alpha + b)}$	$C = 21,2$ то же то же	$M^{4/3}/(Bt^{1/3} \text{ ч})$ то же то же

Примечание. Условные обозначения: Q – турбулентный поток тепла с единицы площади, Вт; a и b – размеры сторон, d – половина размера сторон, м.

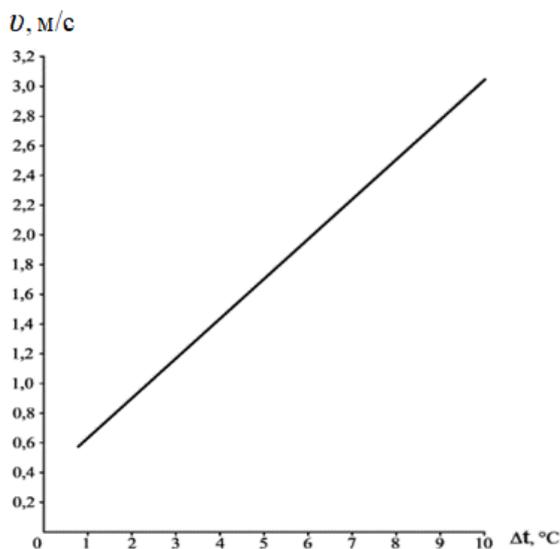


Рис. 4. Зависимость скорости местных бризов от температурного контраста смежных островов тепла и прохлады

ройства, озеленения, обводнения и малыми архитектурными формами городских территорий, способствуют рассеиванию негативных антропогенных выбросов, тем самым снижая их концентрации.

На трансформационные изменения городского острова тепла наибольшее влияние оказывает ветер. Количественная оценка трансформации городского острова тепла в сравнении с результатами исследований, проведенных в Монреале [8], позволили сформулировать следующее соотношение

между интенсивностью острова тепла и скоростью ветра, антропогенными загрязнениями:

$$\Delta T_{v-l} = (2l \frac{\partial \theta}{\partial z} Q_T / \rho C_p v)^{\frac{1}{3}},$$

где l – расстояние от наветренного края города до его центра; м, $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ – вертикальный градиент потенциальной температуры θ , К; Q_T – антропогенные тепловые выбросы, м²; ρ – плотность воздуха, кг/м³; C_p – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); v – скорость ветра, м/с.



Рис. 5. Смог, окутавший города Душанбе (а), Алматы (б), Дели (в), Шанхай (г) (<https://www.google.ru/>)

Обсуждение

Выполнив анализ и составив классификацию местных ветров, установили, что область их формирования находится в пограничном слое городского острова тепла. Выявлено, что местные ветры являются результатом термодинамических процессов деятельной поверхности городской морфологической территории, обуславливающих формирование и развитие местных ветров термического происхождения при инсоляции, их трансформация в приземном слое интенсифицируется при повышении контрастности островов тепла и прохлады. При этом интенсивность обмена воздуха происходит от нескольких метров до десяти километров. Данные особенности вызваны неоднородностью нагревания различных участков деятельной поверхности городского ландшафта. Малые ветры способствуют созданию возмущения температурных полей в южных городах с жарким климатом, которые имеют яркую тенденцию к проявлению.

Городские местные ветры, которые возникают в области ослабленной аэрации при маловетрии и штиле, представляют собой термические конвективные потоки. Данные ветра формируются в результате термического возмущения. Эти возмущения вызваны однообразностью нагреваемых и охлажденных поверхностей города и окружающей воздушной массы. При этом появляются горизонтальные градиентные температуры. Заметна такая связь: сад или сквер – замощенные городские площади; фасад, нагретый солнцем – фасад в тени, водные поверхно-

сти – плотная жилая застройка и др. Это и есть причина рождения местной циркуляции.

Когда рассматривается образование местных ветров, локальная воздушная циркуляция, как правило, имеет следующие признаки:

- перепад температур в двух подстилающих поверхностях и воздушных слоях, расположенных над ними;
- инверсия температуры с уменьшением скорости ветра;
- барическое поле, формирующееся при скорости ветра в дневное время в нижнем пограничном слое не более 3 м/с.

Выводы

Обобщение и анализ проведенных исследований позволили составить следующую классификационную модель ветра местного характера, генерированную островами тепла и прохлады, являющимися факторами улучшения микроклиматической и экологической среды городов:

- макроаэрация – локальные циркуляции воздуха, происходящие в большом географическом ландшафте, между городом и пригородом, акваториями и лесными массивами;
- мезоаэрация – локальные ветры, которые развиваются в пределах плотно застроенной территории с чередованием городских районов зеленых зон;
- микроаэрация – местные ветры в интервале зеленых и не зеленых зон, в пространстве между инсолируемыми и затененным фасадами;

• наноаэрация – локальные ветры между небольшими теплыми и холодными островками городской местности.

В процессе изучения закономерности формирования островов тепла и прохлады выявлены принципы распределения воздушного потока местного характера на городской территории, что позволяет предварительно прогнозировать качественный уровень микро- и экоклимата и заложить основу в практику градостроительного планирования и архитектурно-строительного проектирования городов.

Разработан расчетный метод оценки качественной и количественной характеристики термодинамических и аэродинамических условий городских территорий, позволяющий предварительно прогнозировать качественные и количественные характеристики

микроклимата и экоклимата территории городской застройки на стадии проектирования.

Заложена основа для рационального выбора методов объемно-композиционного, архитектурно-планировочного структурирования городского ландшафта, благоприятствующих развитию локальных ветров в островах тепла и прохлады и между ними в микроклиматообразующих и мезоклиматообразующих масштабах.

Результаты исследования определили предпосылки для дальнейших исследований по выявлению трансформационных изменений над островами тепла городов в макро-, мезо-, микро- и наномасштабах с определением архитектурно-строительных приёмов и средств регулирования микро- и экоклимата.

Список литературы

1. Giyasova I.V. Factors affecting microclimatic conditions in urban environment // E3S Web Conferences. EMMFT-2020. 2021. vol. 244. 06010. DOI: 10.1051/e3sconf/202124406010.
2. Бурман Э.А. Местные ветры. Л.: Гидрометеоздат, 1969. 340 с.
3. Воронцов П.А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 322 с.
4. Voogt J.A., Oke T.R. Thermal remote sensing of urban climates // Remote Sensing Environment. 2003. № 86 (3). P. 370–384. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8
5. Oke T.R., Christen A., Mills G., Voogt J.A. Urban climates. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 525 p. DOI: 10.1017/9781139016476
6. Urban heat island intensity and spatial variability by synoptic weather type in the northeast U.S. / A.W. Hardin, Y. Liu, G. Cao, J.K. Vanos // Urban Climate. 2018. Vol. 24. P. 747–762. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.09.001.
7. Ландсберг Г.Е. Климат города: пер. с англ. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 242 с.
8. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics / L. Klok, S. Zwart, H. Verhagen, E. Mauri // Resources, Conservation and Recycling. 2012. Vol. 64. P. 23–29. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.01.009
9. Hang J., Sandberg M., Li Y. Effect of urban morphology on wind condition in idealized city models / Atmospheric Environment. 2009. Vol. 43(4). P. 869–878. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.10.040
10. Балдина Е.А., Грищенко М.Ю. Исследование «теплового острова» Москвы по разносезонным снимкам Landsat-7/ETM+ // Геоинформатика. 2011. № 3. С. 62–69.
11. МГСН 1.04-2005 Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки участков территории высотных зданий-комплексов, высотных градостроительных комплексов в городе Москве. М.: ГУП города Москвы «НИАЦ», 2005. 35 с.
12. Future urban climate projection in a tropical megacity based on global climate change and local urbanization scenarios / N.S. Darmanto, A.C.G. Varquez, N. Kawano, M. Kanda // Urban Climate. 2019. Vol. 29. P. 100482. DOI: 10.1016/j.uclim.2019.10048.2
13. Jihad A.S., Tahiri M. Modeling the urban geometry influence on outdoor thermal comfort in the case of Moroccan microclimate // Urban Climate. 2016. Vol. 16. P. 25–42. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.02.002.
14. Oke T.R. Boundary layer climates. 2nd ed. London and New York: Routledge, 1987. 464 p. DOI: 10.4324/9780203407219.
15. Hebbert M., Janković V., Webb B. City Weathers: meteorology and urban design 1950–2010. University of Manchester, Manchester Architecture Research Centre [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sed.manchester.ac.uk/architecture/research/csud/workshop/2011CityWeathers.pdf>. (дата обращения 06.05.2022)
16. Surface urban heat island across 419 global big cities / S. Peng, S. Piao, P. Ciais, P. Friedlingstein, C. Ottle, F.-M. Bréon, H. Nan, L. Zhou, R.B. Myneni // Environmental Science and Technology. 2012. № 46. pp. 696–703. DOI: 10.1021/es2030438
17. Morris A.E.J. History of urban form before the industrial revolution (3-d edition). Harlow: England Pearson Education Ltd., 1994. 444 p.
18. Rizk A. A., Henze G. P. Improved airflow around multiple rows of buildings in hot arid climates // Energy and Buildings, 2010. Vol. 42(10). P. 1711–1718. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.05.005

19. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 342 с.
20. Даффи Дж., Бекман У. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир, 1977. 413 с.
21. Гиясов А. Исследование тепло-ветровых процессов на модели жилой застройки городов с жарко-штилевым условием климата // Известия вузов. Строительство и архитектура. Новосибирск, 1989. № 6. С. 43–46.
22. Методические указания по производству микроклиматических обследований в период изысканий. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 66 с.
23. Гиясов А., Сокольская О.Н. Формирование городской застройки с учетом экологических факторов атмосферной среды в жарких маловетренных и штилевых климатических условиях. Краснодар, 2016. 140 с.
24. Гиясов А. Регулирование микроклимата застройки городов в условиях жаркого штилевого климата: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2004. 67 с.
25. Гиясов А.И., Гиясов Т.Б. Значение местных ветров в аэрации урбанизированных территорий с жарким штилевым условием климата // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 10. С. 1363–1371. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1363-1371.
26. Сокольская О.Н., Гиясов А.И. Градоэкологические предпосылки к застройке черноморских городов Краснодарского края с учетом тепло-ветровых процессов // Строительство: наука и образование. 2020. Т. 10. № 3. С. 39–56. DOI: 10.22227/2305-5502.2020.3.3.

References

1. Giyasova I.V. Factors affecting microclimatic conditions in urban environment. *E3S Web Conferences. EMMFT-2020*. 2021;244:06010. DOI: 10.1051/e3sconf/202124406010
2. Burman E.A. *Mestnye vetry*. [Local winds]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1969. 340 p. (In Russ.)
3. Vorontsov P.A. *Turbulentnost' i vertikal'nye toki v pogranichnom sloe atmosfery*. [Turbulence and vertical currents in the atmospheric boundary layer]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1966. 322 p. (In Russ.)
4. Voogt J.A., Oke T.R. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing Environment*. 2003;86(3):370–384. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8
5. Oke T.R., Christen A., Mills G., Voogt J.A. *Urban climates*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017. 525 p. DOI: 10.1017/9781139016476.
6. Hardin A.W., Liu Y., Cao G., Vanos J.K. Urban heat island intensity and spatial variability by synoptic weather type in the northeast U.S. *Urban Climate*. 2018;24:747–762. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.09.001
7. Landsberg H.E. *The urban climate*. New York: Academic Press; 1981. 271p.
8. Klok L, Zwart S, Verhagen H, Mauri E. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*. 2012;64:23-29. DOI: 10.1016 / j.resconrec. 2012.01.009
9. Hang J., Sandberg M., Li Y. Effect of urban morphology on wind condition in idealized city models. *Atmospheric Environment*. 2009;43(4):869-878. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.10.040
10. Baldina E.A., Grishchenko M.Y. Study of urban heat island using multiseasonal Landsat 7/ETM+ thermal imagery: case study of Moscow // *Geoinformatika*. 2011;3:62–69. (In Russ.)
11. MGSN 1.04-2005 *Vremennyye normy i pravila proektirovaniya planirovki i zastroyki uchastkov territorii vysoznykh zdaniy-kompleksov, vysoznykh gradostroitel'nykh kompleksov v gorode Moskve* [Moscow City Building Codes 1.04-2005 Temporary norms and rules for the design of the layout and Development of sections of the territory of high-rise buildings-complexes, high-rise urban complexes in the city of Moscow]. Moscow: GUP goroda Moskvy NIATs; 2005. 35 p. (In Russ.)
12. Darmanto N.S., Varquez A.C.G., Kawano N., Kanda M. Future urban climate projection in a tropical megacity based on global climate change and local urbanization scenarios. *Urban Climate*. 2019;29:100482. DOI: 10.1016/j.uclim.2019.10048.2
13. Jihad A.S., Tahiri M. Modeling the urban geometry influence on outdoor thermal comfort in the case of Moroccan microclimate. *Urban Climate*. 2016;16:25–42. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.02.002.
14. Oke T.R. *Boundary layer climates*. 2nd ed. London and New York: Routledge; 1987. 464 p. DOI: 10.4324/9780203407219.
15. Hebbert M., Janković V., Webb B. *City Weathers: meteorology and urban design 1950–2010*. University of Manchester, Manchester Architecture Research Centre [Electronic resource]. Available at: <http://www.sed.manchester.ac.uk/architecture/research/csud/workshop/2011CityWeathers.pdf>. (accessed 06.05.2022)
16. Peng S., Piao S., Ciais P., Friedlingstein P., Otle C., Bréon F.-M., Nan H., Zhou L., Myneni R.B. Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental Science and Technology*. 2011;46:696–703. DOI: 10.1021/es2030438

17. Morris A.E.J. History of urban form before the industrial revolution (3-d edition). Harlow: England Pearson Education Ltd.; 1994. 444 p.
18. Rizka A. A., Henze G. P. Improved airflow around multiple rows of buildings in hot arid climates. *Energy and Buildings*. 2010;42(10):1711–1718. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.05.005
19. Mikheev M.A., Mikheeva I.M. *Osnovy teploperedachi*. [Basics of heat transfer]. Moscow: Energiya; 1977. 342 p. (In Russ.)
20. Daffi Dzh., Bekman U. *Teplovye protsessy s ispol'zovaniem solnechnoy energii*. [Thermal processes using solar energy]. Moscow: Mir; 1977. 413 p. (In Russ.)
21. Giyasov A. [Research of thermal and wind processes as exemplified by residential housing areas in hot and windless climatic conditions]. *Izvestiya Vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo i arkhitektura* [перевод]. 1989;6:43–46. (In Russ.)
22. *Metodicheskie ukazaniya po proizvodstvu mikroklimaticeskikh obsledovaniy v period izyskaniy*. [Guidelines for the production of microclimatic surveys during the survey period]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1968. 66 p. (In Russ.)
23. Giyasov A., Sokol'skaya O.N. *Formirovanie gorodskoy zastroyki s uchetom ekologicheskikh faktorov atmosfery v zharkikh malovetrennykh i shtilevykh klimaticheskikh usloviyakh*. [Formation of urban development taking into account environmental factors of the atmospheric environment in hot, low-wind and calm climatic conditions]. Krasnodar; 2016. 140 p. (In Russ.)
24. Giyasov A. *Regulirovanie mikroklimata zastroyki gorodov v usloviyakh zharkogo shtilevogo klimata. Avtoref. dokt. diss.* [Microclimate regulation of urban development in a hot calm climate. Abstract of doct. diss.] Moscow; 2004. 67 p. (In Russ.)
25. Giyasov A.I., Giyasov T.B. The importance of local winds for the aeration of urban areas having hot and windless climatic conditions. *Vestnik MGSU*. 2020;15(10):1363–1371. (In Russ.) DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1363–1371.
26. Sokol'skaya O.N., Giyasov A.I. Urban and ecological prerequisites for the development of the black sea cities in the Krasnodar region with consideration of thermal and wind processes. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*. 2020;10(3):39–56. (In Russ.) DOI: 10.22227/2305-5502.2020.3.3.

Информация об авторе:

Гиясов Адхам Иминжанович, доктор технических наук, профессор кафедры Архитектурно-строительного проектирования и физики среды, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия; adham52@mail.ru

About the author:

Adkham I. Giyasov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Architectural and Construction Design and Physics of the Environment, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia; adham52@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.11.2022; принята к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 28.11.2022; approved after reviewing 12.12.2022.