

---

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

---



УДК 504.03.711

DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.9

**И. С. ШУКУРОВ**  
**М. Т. ЛЕ**  
**Л. И. ШУКУРОВА**  
**А. Д. ДМИТРИЕВА**

## **ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА «ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА» НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ**

### **INFLUENCE OF THE EFFECT OF THE URBAN HEAT ISLAND ON THE CITIES SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

*Рассматривается результат действия «городского острова тепла» на планировку города Ханоя. Констатируется, что образование и развитие устойчивого градостроительства создает оптимальные условия для жизни и труда граждан, является гарантом безопасности и комфортабельности жизни, стоит на страже природной среды. В работе применен такой метод дистанционного зондирования, как средство анализа температуры поверхности в городе с экологическими проблемами из-за эффекта «городского острова тепла» (ГОТ). Анализ выполнен по спутниковым изображениям Landsat-5, Landsat-7, Landsat-8. Это исследование подтвердило существование эффекта «городского острова тепла» в центре Ханоя и показало роль конфигурации города в макро-масштабе. Дана оценка эффективности использования зеленых насаждений на крышах мегаполисов. Подчеркивается, что благодаря процессу транспирации зеленые насаждения способствуют снижению негативного воздействия ГОТ и загазованности. Установлено, что применение в архитектуре города светлых поверхностей зданий, дорог, тротуаров, площадок благоприятно влияет на мезоклимат, выполняя функцию охлаждения. На макроуровне упорядоченная высадка зеленых насаждений в крупных городах способствует разрешению таких серьезных экологических проблем, как глобальное потепление и «парниковый эффект».*

*The result of the action of the urban heat island on the layout of the city of Hanoi is considered. It is stated that the formation and development of sustainable urban development creates optimal conditions for the life and work of citizens, is a guarantee of safety and comfortable living, and guards the natural environment. In a scientific study, such a remote sensing method was used as a means of analyzing the surface temperature in a city with environmental problems due to the effect of the “urban heat island” (UHI. The analysis was performed using satellite images Landsat-5, Landsat-7, Landsat-8. This study confirmed the existence of the urban heat island effect in the center of Hanoi and examined the role of city configuration on a macro scale. The efficiency of using green spaces on the roofs of megacities is estimated. It is emphasized that thanks to the transpiration process, green spaces contribute to reducing the negative effects of UHI and gas contamination. It is established that the use in the city’s architecture of light surfaces of buildings and planes (roads, sidewalks, platforms) favorably affects the mesoclimate, performing the cooling function. At the macro level, the orderly introduction of green spaces in large cities helps to resolve serious environmental problems such as global warming and the greenhouse effect.*

**Ключевые слова:** мезоклимат, современное градостроительство, экология, озеленение, «остров тепла»

**Keywords:** mesoclimate, modern urban planning, ecology, green zone, urban heat island

Сегодня практически все крупные города мира находятся в напряженной экологической ситуации, что обусловлено чрезмерной плотностью населения и инфраструктурных нагрузок [1]. В связи с этим градостроители призваны играть важную роль в обеспечении устойчивого развития городов. Для этого необходимо решать следующие неотложные задачи: 1 – создать высокий уровень жизни населения и 2 – обеспечить экологичность городов, т. е. снизить поступление загрязнений в окружающую среду. Рассмотрим решение этих задач на примере крупного города Ханоя. Он характеризуется густонаселенностью, высокой плотностью зданий и сооружений, разреженностью флоры, уменьшением пропускной способности улично-дорожной сети города [1–3].

Площадь Ханоя после увеличения административных границ с 2008 г. возросла до 30 административных единиц, включая 12 районов площадью 3344,7 км<sup>2</sup>; население также увеличилось почти на 7 млн. человек. Ввиду того, что на «иммигрантское» население приходится большое количество расширяющейся инфраструктуры, площадь жилых массивов увеличилась, вызывая явление «острова тепла», что способствовало изменению микроклимата не только в городе, но и в его агломерации.

Город преимущественно застраивается такими строительными материалами, как кирпич, сталь, бетон, которым свойственна темная цветовая гамма (серый, черный, коричневый). Известно, что поверхности городских строений и покрытий темных тонов способны поглощать энергию света и преобразовывать ее в тепло, из-за чего и происходит нагрев. Светлые же тона отражают энергию света, не инвертируя ее в тепло, отчего температура не так сильно повышается. Процесс урбанизации также создает многовариантные типы естественного и полустественного почвенного покрова для водонепроницаемых, закрытых поверхностей, способствует изменению среды обитания и почвы [4, 5]. В городской среде много элементов, выполненных из водонепроницаемых строительных материалов (цемент, брусчатка, асфальт), поверхности которых не способны пропускать воду, как могут это делать зеленые покрытия (трава, газон и т. д.). В среднем температура в городе повышена на 4 – 7 °С, что не критично. Однако такое небольшое превышение температуры способно вызвать обезвоживание людей, а также требует больших затрат энергии для работы кондиционеров и вентиляторов [6]. Следовательно, должна быть разработана стратегия проветривания и охлаждения территории застройки.

## Методы и материалы

Метод классификации с аккредитацией является формой классификации, критерии которой устанавливаются на основе областей выборки и с использованием правил принятия решений с опорой на алгоритмы маркировки пикселей, соответствующих каждому конкретному покрытию. Формула, выбранная для выполнения, является алгоритмом максимальной вероятности [7, 8].

$$g_i(x) = \ln p(\omega_i) - \frac{1}{2} \ln(x - m_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - m_i), \quad (1)$$

где  $i$  – объекты классификации;  $x$  – количество универсальных каналов;  $p(\omega_i)$  – значение вероятности, возникающее, когда объект  $\omega_i$  подобен другим объектам;  $\omega_i$  – матрица ковариации объекта  $\omega_i$ ;  $\Sigma_i^{-1}$  – обратная матрица объектов  $\omega_i$ ;  $m_i$  – изменение значений вектора.

Необходимо оценить точность классификации изображений на основе индекса Каппа (К), этот индекс находится в диапазоне от 0 до 1 и указывает на пропорциональное уменьшение ошибки, допущенной при полной классификации случайным образом.

$$K = \left[ N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+...x+i}) \right] / \left[ N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+...x+i}) \right], \quad (2)$$

где  $N$  – общее количество точек выборки;  $r$  – количество объектов класса;  $x_{ii}$  – количество точек поля, правильное в первом классе;  $x_{i+}$  – общая точка поля  $i$ -го класса выборки;  $x_{+i}$  – общее количество точек поля следующего  $i$ -го класса классификации.

## Специфика городских почв в городе Ханое

Процесс быстрой урбанизации Ханоя проявляется и в городском микроклимате, что влечет за собой одну из основных экологических проблем, называемую «городским островом тепла» [9]. Быстрая урбанизация вызывает значительные изменения в почвенном покрове, а также повышение температуры поверхности почвы.

В городе люди влияют на почвенный покров напрямую, меняя его конфигурацию, изменяя условия почвообразования (климатические параметры, состав почвообразования, загрязнения и т. д.).

Полученные данные изображений Landsat-5 TM и Landsat-8 стали основой для расчета температуры поверхности и определения текущего состояния городских земель 12 городских районов Ханоя за три года: 2007, 2012 и 2017.

Результаты обработки спутниковых изображений методом дистанционного зонди-

рования показывают, что за 15 лет (2007–2017) площадь городских территорий (земель под застройку) увеличилась в 1,65 раза (рис. 1 и табл.1). Из рис. 1 видно, что область из 12 городских районов Ханоя расположена по направлению вдоль основных дорог центральной оси. Темпы роста застроенных земель с 2007 по 2017 г. соотносятся с быстрой урбанизацией в городе. В частности, доля городских зеленых насаждений снизилась с 13207,25 га (56,55 % от

общей территории) до 5141,77 га (22,02 %) в период 2007–2017 гг.

В строительных зонах, покрытых, например, асфальтом, почва разрушается во время строительства, образуя группу закрытых грунтов (рис. 2). Изменения температуры, состояния воды и воздуха в уплотненных почвах приводят к изменению их функционирования и свойств. В крупных городах практически 50–70 % почвы уплотняется.

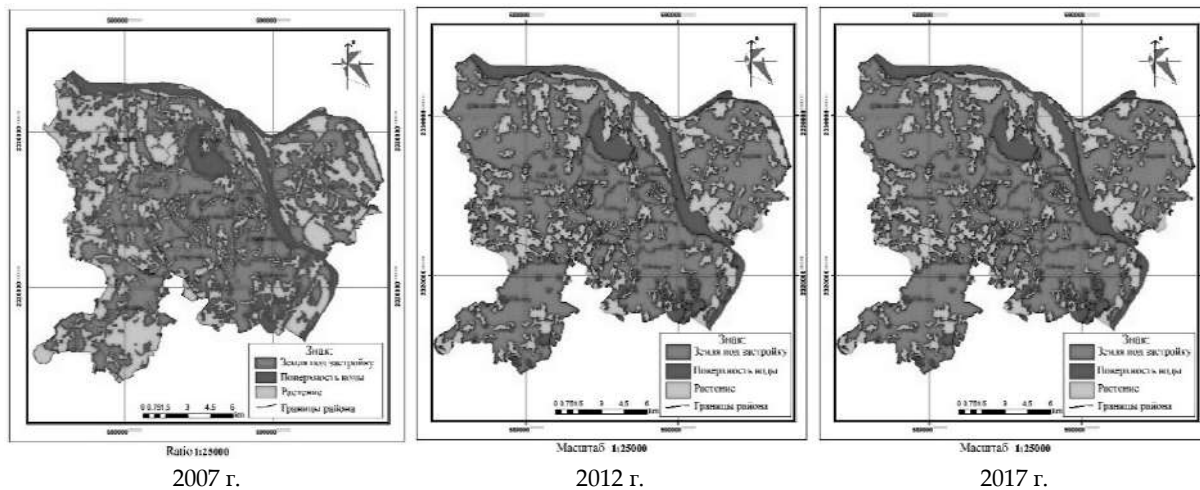


Рис. 1. Текущее состояние поверхностного покрытия города Ханоя

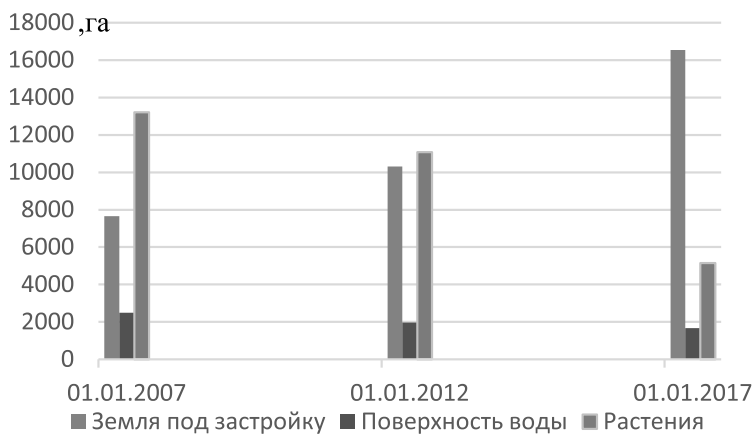


Рис. 2. График изменения зеленой зоны в городских районах по годам

Таблица 1

Статистика типов земельного использования

Тип земельного использования	24.05.2007		01.08.2012		04.06.2017	
	Площадь, га	%	Площадь, га	%	Площадь, га	%
Земля под застройку	7648,76	32,75	10313,57	44,16	16537,68	70,81
Поверхность воды	2498,99	10,70	1968,82	8,43	1674,55	7,17
Зеленые насаждения	13207,25	56,55	11072,61	47,41	5141,77	22,02
Итого:	23355	100	23355	100	23355	100

Одной из наиболее отличительных черт структуры почвы города является ее неоднородность (фрагментация распределения и дискретность). Процесс закалки становится одним из факторов, еще более приводящим к сложности определения структуры земельного покрова в городе и диагностике городской почвы.

Сложность грунтового покрытия также определяется временем освоения территории. На территории старого города земля формируется на прочном культурном слое. В новых жилых районах почвообразование происходит на смешанных отложениях с накопленными выше слоями.

### Проблемы озеленения территорий

Озеленённые территории – существенная часть городской застройки, ее архитектурных ансамблей. Они имеют большую санитарно-гигиеническую, рекреационную, ландшафтно-архитектурную и научную значимость.

Зеленые зоны Ханоя – парки и сады, бульвары и скверы, лесопарки, жилые и промышленные районы находятся в сложных экологических условиях городской среды, постоянно подвергаясь воздействию выхлопных газов, пыли от дорожного движения [10, 11].

За исключением городской территории в Ханое природная лесная зона и сельскохозяйственные земли составляют 56,5 % от общей площади города. Городские зеленые системы включают в себя: общественные зеленые насаждения (парки, деревья, цветники) и специализированные (питомники). В городе плотность зеленой зоны составляет 12 % территории (Источник: Семинар по эффективной эксплуатации цветников и парков в Ханое 17 марта 2009 г., организованный Ассоциацией городского планирования Вьетнама.).

В настоящее время обеспеченность зелеными насаждениями Ханоя составляет 2,4 м<sup>2</sup>/чел. Данная цифра слишком мала по сравнению с другими городами мира. Например, в Москве и Сеуле озеленение составляет 20 и 40 м<sup>2</sup>/чел. соответственно. Распределение зеленых насаждений в Ханое иррегулярно: в исторической застройке города плотность озеленения составляет 0,2 м<sup>2</sup>/чел., в то время как плотность населения очень высока (1000 чел./га) (рис. 3).

Средняя площадь парков в Ханое составляет 0,9 м<sup>2</sup>/чел., в жилых районах с высокой плотностью населения, таких как Хоан Кием, Хай Ба Чынг, средняя площадь парков составляет 1,2 и 1,7 м<sup>2</sup>/чел. соответственно. Общая площадь парков в исторической застройке четырех районов составляет 135 га, в среднем 1,3 м<sup>2</sup>/чел. Тем не менее при относительно быстрой урбанизации районов, таких как Донг Да, Тхань Суан и Жа Лам, этот показатель остается низким – 0,05 м<sup>2</sup>/чел. (рис. 4).

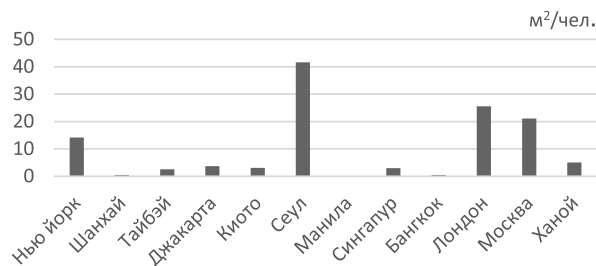


Рис. 3. Зеленые парки крупных городов мира



Рис. 4. Система озеленения в центре г. Ханоя

В дополнение к району Хоанг Май есть большая территория парка Йен Со, однако старые городские районы имеют низкий показатель зеленой зоны на душу населения, особенно в Донг Да, Кау Жай и Тхань Суан. Средняя площадь парков в этих районах составляет 0,9 м<sup>2</sup>/чел. (табл. 2).

Реконструкция насаждений в зеленых зонах города является сложным творческим процессом, требующим геодезических, инженерных, строительных и сельскохозяйственных работ. Необходимо учитывать специфические качества земли, её функциональную направленность и расположение – вблизи развлекательных и дорожных зон, при въезде на территорию и т. д., а также соотносённость с пространственной структурой города.

Таблица 2

## Статистика озеленения г. Ханоя в 2000 г.\*

Район	Природная территория, га	Площадь озеленения, га	Общее количество деревьев, шт.	Средняя площадь озеленения, м <sup>2</sup> /чел.
Ба Динь	925	50,36	58170	2,4
Хоан Кием	529	17,29	15483	1,0
Хай Ба Чынг	1,465	37,92	35503	1,1
Донг Да	996	48,75	61149	3,8
Кау Жай	1204	51,85	66690	3,8
Тай Хо	2400	77,52	119091	8,2
Тхань Суан	911	70,83	112512	4,4
Шок Шон	30651	2068,8	8224105	105,3
Донг Ань	18230	959,19	1663171	36,4
Жа Лам	17432	634,67	1068201	18,6
Ты Лиём	7532	479,73	841055	24,2
Тхань Чй	9.822	396,63	691.601	17,4
Итого:	80811,465	4893,54	12265130	226,6

\* Источник: Департамент местного самоуправления и жилищного строительства г. Ханоя

Для создания зеленых насаждений, препятствующих негативному воздействию искусственной среды, необходимо использовать хорошо адаптированные растения и кустарники, выращенные в пригородных или городских питомниках и являющиеся наиболее важным устойчивым элементом ландшафтного садоводства.

### Мезоклимат города

Мезоклимат – климатические условия, промежуточные между климатом и микроклиматом. Это понятие приближенно совпадает с понятием местного климата.

В крупных городах есть свой климат, который в жаркие летние дни похож на климат полупустынный или даже пустынный. Поэтому летом, например в Москве, температура поверхности асфальтового покрытия достигает 45–55 °С, температура стены из красного кирпича – 41 °С, белой стены – 38 °С, травы – 25 °С. Различия в значениях определяются коэффициентом поглощения влаги (суммарного испарения) испарительными поверхностями [12]. К зеленым насаждениям влага поступает через корни, сохраняется в стеблях и листьях, а затем конденсируется на обратной стороне листьев. Именно здесь вода превращается в пар, поддерживая таким образом температуру растения на необходимом уровне, не допуская перегрева. Данный природный процесс называют транспирацией, это своеобразный природный кондиционер.

На высоте 100–150 м в безветренные дни в крупных городах может образовываться островной слой с высокой температурой и интенсивным нагревом каменных, кирпичных

и бетонных конструкций, что приводит к загрязнению воздушной массы и перегреву центральных районов города [13, 14]. Например, в центре Парижа температура на 1,7 °С выше, чем в пригороде. Среднегодовая температура в центре Москвы и Санкт-Петербурга в среднем в 3–4 раза выше, чем в пригороде.

Из-за теплового загрязнения крупных городов образуются тепловые зоны, в которых формируется специфическая локальная циркуляция воздуха, называемая городским ветром. В летние дни в высших слоях атмосферы воздух нагревается, что приводит к потокам воздуха из пригородов, как из лесопарков, так и из промышленных парков, независимо от их местоположения. В центре города может быть относительно чистая воздушная среда при условии движения воздушных масс из пригородов. Однако такие ветры наблюдаются достаточно редко. При наличии перепада в атмосферном давлении городские ветры могут и вовсе не возникать [15].

Важной особенностью городской аэрации в условиях слабого ветра является мощность тепловой конвекции, возникающей из-за положительной аномалии теплового равновесия городской среды. В температурном поле эта аномалия приводит к образованию известного микроклиматического эффекта – «городской остров тепла».

С эффектом «городского острова тепла» связано локальное увеличение интенсивности циркуляции конвекционных потоков воздуха и одновременного значительного (25–35 % по сравнению с периферийными районами) уменьшения горизонтального движения воздушных масс.

В городах со штгилевым режимом этот эффект часто является единственным механизмом смешивания воздуха, который позволяет вытеснить загрязненный перегретый воздух из поверхностного слоя городской атмосферы в высшие атмосферные слои.

С учетом различий в характере развития различных частей города плотный тепловой поток в поверхностном слое атмосферы наблюдается там, где плотность зданий максимальна. Кроме того, поглощение солнечной радиации неравномерно на плоскостях с разным углом наклона. В плотно застроенных частях города больше солнечного излучения приходится на северный «склон» (и поглощается им), а не на южный. В связи с этим происходит смещение высокотемпературной конвекции в геометрический центр застройки.

Следовательно, изменение положения высотной части города относительно его геометрического центра положительно влияет на энергетику города, способствует движению потоков прохладного свежего воздуха из пригородов в город. Чтобы улучшить воздухообмен между городом и пригородными территориями, здания следует располагать с низкой плотностью, чтобы свободный воздух перемещался в нужном направлении.

Такое положение города может быть реализовано посредством разноуровневой застройки центральных районов города и его периферийного развития. Противоположно находящиеся сооружения должны иметь разную высоту. Тогда центральная часть циркуляционной ячейки тепловой конвекции также сместится в противоположную сторону, что обеспечит максимальное покрытие территории города свежим пригородным «бризом».

По утверждению различных авторов тепловое влияние городов отчетливо видно

в 100–500-метровом слое. При слабом ветре (1–3 м/с) возможна циркуляция воздушных масс в городах. Вблизи поверхности Земли потоки направляются в центр, где расположен остров тепла, а наверху происходит отток воздуха на окраины города.

Городской остров тепла подразделяется на два типа:

– «надземный городской остров тепла» и «атмосферный городской остров тепла». Образование «надземного городского острова тепла» — это явление, при котором такие поверхности, как крыши и тротуары, нагреваются в дневное время, сохраняют температуру в течение дня и отдают энергию тепла в вечернее время. Городские поверхности более подвержены воздействию солнца в сравнении с затененными поверхностями в сельской местности. Хотя феномен «надземного городского острова тепла» можно наблюдать как днем, так и ночью, он достигает максимальных отметок в дневное время;

– когда городская температура воздуха становится выше, чем в смежных сельских районах, она определяется как «атмосферный городской остров тепла», который в свою очередь делится на два вида – «городской слой» и «поверхностный слой». «Городской слой» образуется от земли до верхушек деревьев или крыш домов, а «поверхностный слой» начинается от поверхности крыш или верхнего уровня деревьев и простирается до точки, где городской ландшафт больше не влияет на атмосферу. Тем не менее «поверхностный слой» обычно влияет на увеличение «городского острова тепла», поскольку они смежные. Основные характеристики поверхностного и городского тепловых островов отражены в табл. 3.

Таблица 3

Основные характеристики городского и поверхностного ГОТ [14]

Особенность	Городской слой ГОТ	Поверхностный слой ГОТ
Временное развитие	Присутствует в любое время дня и ночи Наиболее интенсивен в течение дня Активнее выражен в летнее время года	Может быть менее выраженным или не существовать в дневное время. Наиболее интенсивен в темное время суток или на рассвете. Активнее выражен в зимний период
Пиковая интенсивность (наиболее интенсивные условия ГОТ)	Большой размах пространственных и временных значений: день: 10–15 °С ночь: 5–10 °С	Меньший размах значений: день: 1–3 °С ночь: 7–12 °С
Типичный метод идентификации	Косвенное измерение Дистанционное зондирование	Прямое измерение Стационарные метеостанции Мобильные траверсы
Типичное изображение	Тепловые изображения	Изотермические карты График температуры

Более высокие температуры возникают из-за городских тепловых островов, особенно летом, и могут влиять на окружающую среду и качество жизни человека. Тем не менее некоторые воздействия могут быть полезными, поскольку удлиняют вегетационный период, но большинство из них несут неблагоприятные влияния.

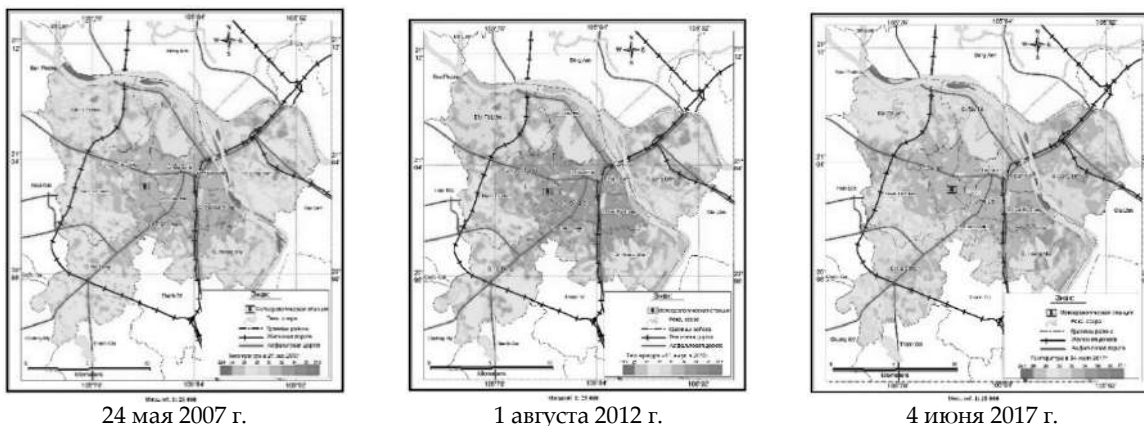
Городской остров тепла имеет как прямые, так и косвенные последствия, в том числе социальные, экономические и экологические. Это:

- загрязнение воздуха;
- возникновение парниковых газов;
- ухудшение здоровья человека;
- снижение качества воды;

В табл. 4 приведены данные результатов исследования, на рис. 5 – распределение температуры поверхности городской земли Ханоя в разные годы наблюдения.

Таблица 4  
Значения температуры  $T_{\text{п}}$  поверхности городской земли Ханоя, °C

Landsat-5	Landsat-7	Landsat-8
24/5/2007	1/8/2012	4/6/2017
$22.9 \leq T_c \leq 37.6$	$23.5 \leq T_c \leq 39.6$	$24.1 \leq T_c \leq 40.1$



24 мая 2007 г.

1 августа 2012 г.

4 июня 2017 г.

Рис 5. Распределения температуры поверхности городской земли Ханоя

Мезоклимат во многом зависит от растительности. Человеческая деятельность существенно влияет на тепловой режим почвы в городе. В жаркое лето поверхность асфальта при нагревании излучает тепло не только в поверхностный слой воздуха, но и глубоко в почву. При температуре воздуха 26–27 °C температура почвы на глубине 20 см достигает 34 °C, а на глубине 40 см (корневая система насаждений) – 29–32 °C [16]. Поэтому городская земля фактически не имеет живых корней.

**Вывод.** В процессе урбанизации Ханоя формируется эффект «городского острова тепла», обусловленный многими негативными факторами для окружающей среды, такими как: рост потребления энергии, увеличение выбросов парниковых газов в атмосферу, снижение качества воды, нанесение вреда здоровью населения.

Методологическая основа данной работы позволит получить достоверную информацию об оценке теплового состояния на примере города Ханоя и разработать оптимальные меры для улучшения окружающей среды в городе, а также подробно описать и спрогнозировать формирование эффекта «городского острова тепла».

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Foley J.A., DeFries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K. Global consequences of land use. Science [Глобальные последствия землепользования. наука], 2005, V. 309, pp. 570–574.
2. Forman R.T. Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different Landscape Ecology [Принципы городской экологии: действительно ли городская экология и экология природных территорий отличаются ландшафтной экологией], 2016.
3. Grimm N.B., Faeth S.H., Golubiewski N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M. Global change and the ecology of cities. Science [Глобальные изменения и экология городов. Наука], 2008, V. 319, pp. 756–760.
4. Fu P., Weng Q. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. Remote Sensing of Environment [Анализ временных рядов вызванных урбанизацией изменений землепользования и растительного покрова и их влияния на температуру поверхности Земли с помощью снимков Landsat. Дистанционное зондирование окружающей среды], 2016, V.175, pp. 205–214.

5. Voogt J.A., Oke, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote sensing of environment [Тепловое дистанционное зондирование городского климата. Дистанционное зондирование окружающей среды], 2003, V. 86, pp. 370–384.
6. Черненко С. М. Гигиеническая характеристика, оценка и прогнозирование воздействия на человека приоритетных физических факторов окружающей среды в интересах устойчивого развития городов // Международный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика. 2011. № 1(16). С 43–49.
7. Балдина Е. А., Грищенко М. Ю., Константинов М. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне // ДЗЗ для будущей Земли. Земля из космоса. 2015. С 38–42.
8. Imhoff M.L., Zhang P., Wolfe R.E., Bounoua L. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA // Rem. Sens. Environ. [Дистанционное зондирование эффекта городского острова тепла через биомы в континентальной части США], 2010, V. 114, pp. 504–513.
9. Oke T.R. Boundary layer climates. Routledge, London and New York [Климат пограничного слоя. Раутледж, Лондон и Нью-Йорк], 2002.
10. Шукуров И.С., Луныков М.А., Халилов И.Р. Организация инженерно-технического обустройства городских территорий. М.: Издательство АСВ, 2015. 440 с.
11. Шукуров И.С., Афонина А. Особенности формирования благоустройства территорий жилой застройки в прибрежной зоне города Орла // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». 2019. Т1, № 2(11). С. 170–177.
12. Шукуров И.С., Оленьков В.Д., Пайкан В., Аманов Р.М. Обеспечение экологической безопасности городов с учетом аэрационного режима // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2017. № 5. С 41–44.
13. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // АМГТ. 2014. № 1 (26). С 3–14.
14. Шукуров И.С., Оленьков В.Д., Пайкан В. Моделирование аэродинамических процессов воздуха на нарушенных территориях городов // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 6. С. 13–17.
15. Шукуров И.С. Формирование тепло-ветрового режима жилой застройки городов жаркого климата: автореф. дис....д-ра техн. наук. М.: МГСУ, 2007. 30 с.
16. Bhargava A, Lakmini S, Bhargava S. Urban Heat Island Effect: it's relevance in urban planning. J Biodivers Endanger Species 5:187, 2017. DOI: 10.4172/2332-2543.1000187.
2. Forman R.T. Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different Landscape Ecology, 2016. DOI: 10.1007/s10980-016-0424-4
3. Grimm N.B., Faeth S.H., Golubiewski N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M. Global change and the ecology of cities. Science, 2008, Vol. 319, pp. 756-760. DOI: 10.1126/science.1150195
4. Fu P., Weng Q. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. Remote Sensing of Environment, 2016, Vol.175, pp. 205-214. DOI: 10.1016/j.rse.2015.12.040
5. Voogt J.A., Oke, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote sensing of environment, 2003, Vol. 86, pp. 370-384. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00079-8
6. Chernenko S. M. Hygienic characteristics, assessment and prediction of the impact on a person of the priority physical environmental factors in the interests of sustainable urban development. *Mezhdunarodnyy zhurnal. Ustoychivoeye razvitiye: nauka i praktika* [International magazine. Sustainable Development: Science and Practice], 2011, no. 1(16), pp 43-49. (in Russian)
7. Baldina Ye. A., Grishchenko M. YU., Konstantinov M. Investigation of urban heat islands using infrared thermal remote sensing data. *DZZ dlya budushchey Zemli. Zemlya iz kosmosa. "SPETSVY- PUSK"* [Remote sensing for the future Earth. Earth from space. "SPECIAL START"], 2015, pp 38-42. (in Russian)
8. Imhoff M.L., Zhang P., Wolfe R.E., Bounoua L. Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. Rem. Sens. Environ, 2010, Vol. 114, pp. 504–513. DOI:10.1016/j.rse.2009.10.008
9. Oke T.R. Boundary layer climates. Routledge, London and New York, 2002.
10. Shukurov I.S., Lunyakov M.A., Khalilov I.R. *Organizaciya inzhenerno-tekhnicheskogo obustrojstva gorodskih territorij* [Organization of urban engineering]. M., Publishing house ASV, 2015. 440 p. (in Russian)
11. Shukurov I.S., Afonina A. Features of the formation of landscaping residential areas in the coastal zone of the city of Orel. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal "VESTNIK NAUKI"* [International scientific journal "VESTNIK SCIENCES"], 2019, Vol. 1, no. 2(11), pp 170-177. (in Russian)
12. Shukurov I.S., Olenkov V.D., Paykan V., Amanov R.M. Ensuring the environmental safety of cities, taking into account the aeration regime. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im.V.G.Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov], 2017, no. 5, pp. 41-44. (in Russian)
13. Myagkov M.S., Alekseyeva L.I. Features of the wind regime of typical forms of urban development. AMIT, 2014, no. 1 (26), pp. 3-14. (in Russian)
14. Shukurov I.S., Olenkov V.D., Paykan V. Modeling of aerodynamic processes of air in disturbed areas of cities. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo* [Industrial and civil engineering], 2017, no. 6, pp. 13-17. (in Russian)

## REFERENCES

1. Foley J.A., DeFries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K. Global consequences of land use. Science, 2005, Vol. 309, pp. 570-574. DOI: 10.1126/science.1111772



15. Shukurov I.S. The formation of the warm-wind regime of residential buildings in hot climate cities: abstract. M., MGSU, 2007. 30 с.

16. Bhargava A, Lakmini S, Bhargava S. Urban Heat Island Effect: it's relevance in urban planning. *J Biodivers Endanger Species* 5:187, 2017. DOI: 10.4172/2332-2543.1000187.

Об авторах:

**ШУКУРОВ Илхомжон Садриевич**

советник РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры градостроительства Национальный исследовательский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) Институт строительства и архитектуры (ИСА МГСУ) 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: shukurov2007@yandex.ru

**ЛЕ Минь Туан**

аспирант кафедры градостроительства Национальный исследовательский государственный строительный университет (НИУ МГСУ) Институт строительства и архитектуры (ИСА МГСУ) 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: architect290587@gmail.com

**ШУКУРОВА Лола Илхомовна**

магистрант кафедры градостроительства Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт 703004, Узбекистан, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70 E-mail: lolitta.shukurova@yandex.ru

**ДМИТРИЕВА Александра Дмитриевна**

студентка кафедры общего языкознания Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ) 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7

**SHUKUROV Ilkhomzhon S.**

Advisor RAACS, Doctor of Engineering Science, Professor of the Urban Planning Chair Moscow State University of Civil Engineering Institute of Civil Engineering and Architecture 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye av., 26 E-mail: shukurov2007@yandex.ru

**LE Minh Tuan**

Post-graduate student of the Urban Planning Chair Moscow State University of Civil Engineering Institute of Civil Engineering and Architecture 129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoye av., 26 E-mail: architect290587@gmail.com

**SHUKUROVA Lola Il.**

Master's Degree Student Samarkand State Institute of Architecture and Civil Engineering 703004, Uzbekistan, Samarkand, Lolazor str., 70 E-mail: lolitta.shukurova@yandex.ru

**DMITRIEVA Alesadra D.**

Student Saint-Petersburg State University 199034, St. Petersburg, University embankment, 7, Russian Federation E-mail: cat43rinth3ry3@gmail.com

Для цитирования: Шукуров И.С., Ле М.Т., Шукурова Л.И., Дмитриева А.Д. Влияние эффекта «городского острова тепла» на устойчивое развитие городов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 62–70. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.9.

For citation: Shukurov I.S., Le M.T., Shukurova L.I., Dmitrieva A.D. Influence of the Effect of the Urban Heat Island on the Cities Sustainable Development. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 2, Pp. 62–70. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.9.