

АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

УДК 711

DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.148-157

Влияние планировки города на возникновение островов тепла в мегаполисах с тропическим климатом (г. Ханой)

Ле Минь Туан

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

АННОТАЦИЯ

Введение. Быстрая урбанизация вызывает значительные изменения в почвенном покрове, а также изменения температуры поверхности почвы. Преобразование назначения землепользования значительно влияет на температуру поверхности и усугубляет отрицательный эффект острова тепла. Следовательно, должна быть разработана стратегия по оптимизации городского охлаждения. Рассмотрены факторы, которые влияют на появление городских островов тепла (ГОТ). Представлены градостроительные рекомендации по ограничению негативного влияния ГОТ на человека. Проанализировано городское и пригородное планирование в г. Ханой и предложены определенные градостроительные принципы, способствующие уменьшению эффекта ГОТ.

Материалы и методы. Исследовано применение зеленых насаждений как средство борьбы с экологическими проблемами из-за эффекта городского острова тепла и создания благоприятной городской экологической среды. Изучены связи между соотношением зеленых насаждений и снижением температуры. Анализ выполнен по фактической оценке 21-й зеленой зоны Ханоя.

Результаты. Показаны связь между интенсивностью снижения тепла и показателем формы зеленого пространства — линейная инвертированная система, и положительный эффект зеленой зоны в снижении влияния эффектов острова тепла. Даны рекомендации по использованию зеленых насаждений в градостроительстве.

Выводы. В числе важнейших задач планировщика-градостроителя — размещение и корректировка промышленных зон (и отдельных предприятий) города (в увязке с жилыми районами), основных транспортных артерий города, с учетом, что от размещения и планировки промышленных, жилых и общественных территорий, а также системы дорог зависит образование «тепловых островов», в условиях тропического климата Вьетнама это отрицательно сказывается на здоровье человека. Расчет разумной доли зеленых насаждений способствует уменьшению негативного влияния городских островов тепла на жизнь человека. Данное исследование помогает планировщикам разумно рассчитать площадь зеленых насаждений, в соответствии с характером каждого города.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: городской остров тепла, городской ветер, озеленение, городское планирование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ле Минь Туан. Влияние планировки города на возникновение островов тепла в мегаполисах с тропическим климатом (г. Ханой) // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 148–157. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.148-157

The influence of city planning on the emergence of heat islands in megacities with a tropical climate (Hanoi)

Le Minh Tuan

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavlshoshe, Moscow, 129337, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. Rapid urbanization causes critical changes in global, as well as changes in earth surface temperature. The transformation of land use purposes significantly affects the surface temperature and exacerbates the effect of the negative heat island. Therefore, it is important to conduct a study to optimize urban cooling. Gives town-planning recommendations for limiting the negative impact of urban heat islands (UHI) on human. Analyzing urban and suburban planning in the city of Hanoi, the author proposes the use of certain town-planning principles that contribute to reducing the effect UHI.

Materials and methods. This study is focused on green space using as a means of combating environmental problems due to the effect of urban heat island and creating a favorable urban ecological environment. The definition of the relationship between the ratio of green spaces and a decrease in temperature is given. The analysis was taken from 21 green spaces of the city of Hanoi.

Results. The study showed a relationship between the intensity of heat reduction and the shape indicator of green space — a linear inverted system and the positive effect of the green zone on reducing the effects of heat island.

Conclusions. One of the most important tasks of a city planner is the placement and adjustment of industrial zones of the city, the main transport arteries of the city, meaning that the placement and planning of industrial, residential and public territories, and also the system of roads depends on the formation of “heat islands”, which in the tropical climate of Vietnam, adversely affects human health.

KEYWORDS: urban heat island, urban wind, landscape, urban planning

FOR CITATION: Le Minh Tuan. The influence of city planning on the emergence of heat islands in megacities with a tropical climate (Hanoi). *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019; 14(2):148-157. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.148-157 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность человека в городе влияет на повышение температуры, которое создает эффект городского острова тепла (ГОТ). Первая документация по городской жаре относится к 1818 г., когда исследование Люка Говарда «Климат Лондона» обнаружило «искусственный избыток тепла» в городе по сравнению со страной [1]. Эмиль Рено сделал подобные открытия в Париже во второй половине XIX в. [2–4], а Вильгельм Шмидт нашел эти условия в Вене в XX в. [5, 6]. Исследования острова тепла в США начались в первой половине XX в. [7, 8].

Одной из особенностей городского микроклимата является возникновение в городе так называемого «острова тепла», или «городского острова тепла», причем в этом «острове» доля техногенного тепла может составлять половину значения солнечной радиации [9]. Устойчивые во времени «острова тепла» в виде пространственного купола воздуха с более высокой температурой устанавливаются над городами площадью 100 км² и более. Средняя температура воздуха «острова тепла» в большом городе обычно выше температуры окружающих районов на 4 °C, однако ночью при неболь-

шом ветре разность температур может достигать 6–8 °C и более [10].

ГОТ повышает городскую температуру, отрицательно влияя на микроклимат, городскую гидрологию, качество воздуха, физические и химические свойства городской почвы, а также многие экологические процессы в городах [11, 12]. Использование различных методов планирования и проектирования города дает возможность обезвредить действие ГОТ. Это согласуется с тенденцией устойчивого городского развития, с тем, чтобы улучшить условия жизни человека в городе [13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Городская пространственная структура во многом определяется городской дорожной сетью [14]:

- для обеспечения удобной транспортировки городская магистраль является максимально возможной в соответствии с направлением летнего ветра, используя реки, озера, морской бриз и природную воду, характерную влагу, чтобы оставить достаточно места на побережье и образуя «коридор ветра», чтобы ветер и вода сохранялись в городе [15, 16] (рис. 1);

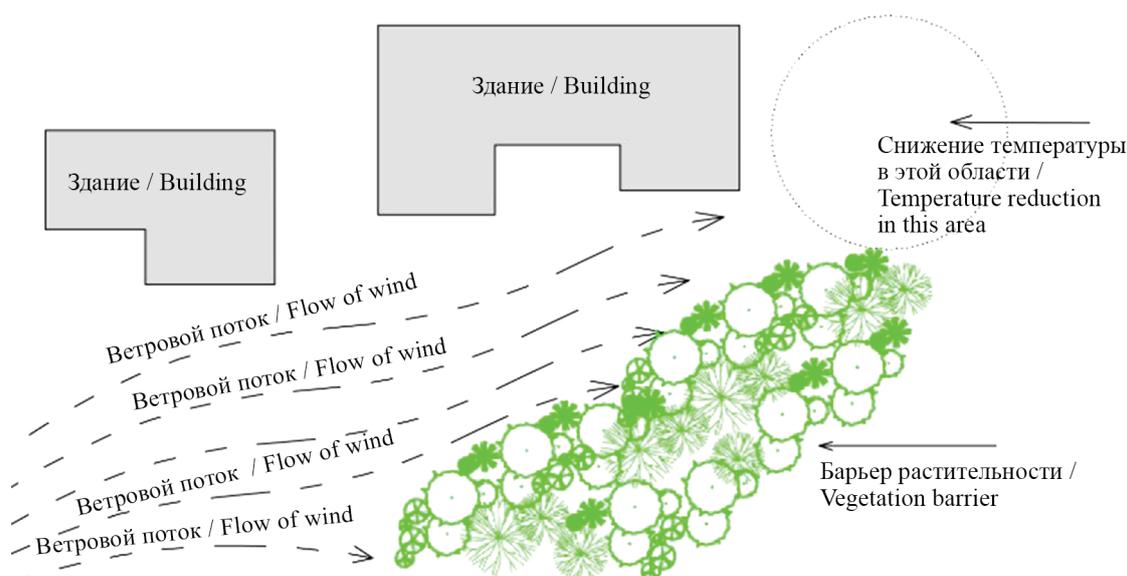


Рис. 1. Ландшафт и здания выступают в качестве барьера для ветра

Fig. 1. Landscape and buildings act as a barrier to wind

- управление высотой и плотностью зданий, блокирующих ветер, приводит к большому количеству тепла и газов, попадающих в ловушку [17];

- формирование городской пространственной структуры с легкой вентиляцией и рассеиванием тепла, направляющей холодный воздух в окружающую местность [18].

Сокращение растительности — важная причина образования ГОТ. Увеличение растительности — ключевая мера, направленная на усиление планирования городского зеленого пространства и улучшение тепловых свойств подстилающей поверхности для уменьшения ГОТ [19] (рис. 2).

Для воздействия на окружающую среду, влияющего на вегетацию, в соответствии с температурным эффектом необходимо:

- заниматься планированием растительности, увеличивать долю городского зеленого пространства, коэффициент охвата которого достиг в г. Ханой 30–50 %, озеленять дороги и поощрять вертикальное озеленение, а также озеленение крыш;

- равномерно размещать зеленые посадки, чтобы свести к минимуму расстояние между зелеными пространствами и объединить городское зеленое пространство с пригородными естественными лесами, водно-болотными угодьями и сельскохозяйственными землями, доведя их до формы кольца или клина, вставляемого в город, для формирования зеленого коридора или городской экологической зоны, что способствует открытию «ветрового коридора» города и ослаблению ГОТ [20];

- поверхностные покрытия должны быть максимально защищены при планировании. Они уменьшают ГОТ, и не только из-за их тепловых свойств приводят к понижению температуры поверхности, а также контрастируют с высокоплотными блочными зданиями, обеспечивающими открытые пространства, и способствуют понижению температуры воздуха в регионе;

- создавать достаточно открытые пространства, насколько это возможно, для вентиляции и рассеивания тепла, организовывать открытые пространства с помощью коридоров ветра;

- учитывая структуру застройки, создавать открытые пространства для вентиляции, уменьшая площадь вертикальной проекции зданий в летнее время.

На этапе городского планирования, в соответствии с природными и социальными условиями, такими, как масштаб города, следует пользоваться преимуществами уличного каньона, плотности застройки, а также таких факторов, как стеновые и наземные материалы, чтобы получить идеальную уличную каньонную тепловую среду (рис. 3).

При планировании каньона стоит уделять больше внимания увеличению количества деревьев, а также различных конструкций для создания комфортной тепловой среды. Из-за того, что обе стороны уличной поверхности оказывают большое влияние на тепловую среду, необходимо сосредоточиться на архитектурном облике домов [21].

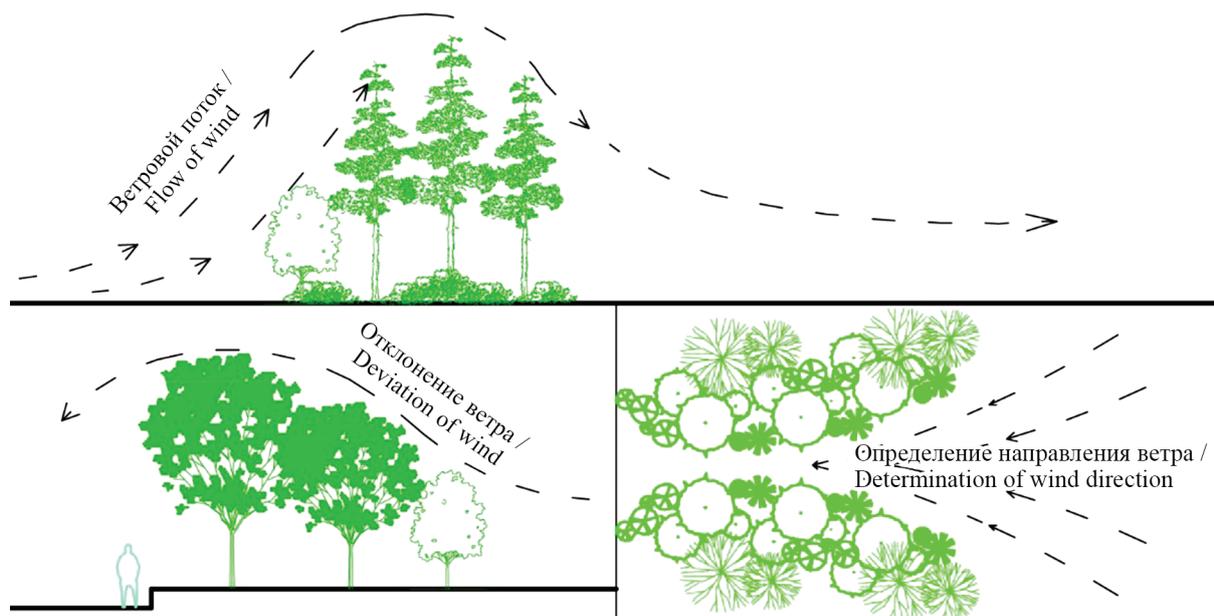


Рис. 2. Деревья и кустарники уменьшают, направляют и отклоняют ветер

Fig. 2. Trees and shrubs reduce, direct and deflect wind

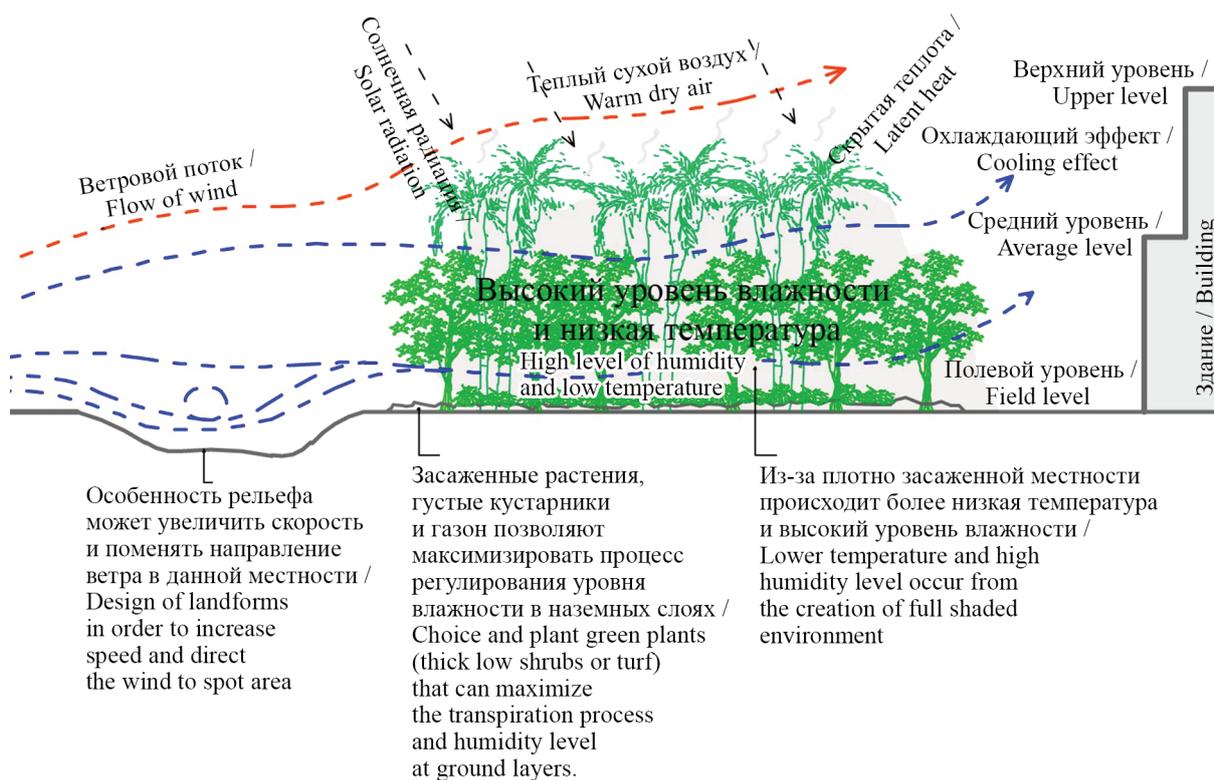


Рис. 3. Схематическая диаграмма, поясняющая процесс изменения всех четырех микроклиматических компонентов, основанных на теории и основных принципах посадки

Fig. 3. Schematic diagram explaining the whole process of all four microclimate components modification based on planting design theories and guidelines

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Озера и реки в Ханое играют важную роль в ландшафте города (рис. 4). Они снижают температуру окружающей среды в городе летом. Пространство вокруг рек и озер — место для культурных мероприятий и встреч людей в городских районах.

Быстрая урбанизация влияет на уменьшение площади озер, что вызывает наводнения и загрязнение окружающей среды. Реки и озера утратили свою роль в регулировании дождевой воды и микроклимата. Проблемы озер в городе Ханой:

- окружающая среда вокруг озер загрязнена;
- в генеральном плане города отсутствуют стандарты на озёрную систему.

В табл. 1 показано, что летом средняя интенсивность снижения тепла составляла 3 °C (самая высокая интенсивность снижения тепла в озере Баи Мау — 5,2 °C, а самая низкая интенсивность снижения тепла в озере Бо Де — 1 °C); среднее расстояние снижения тепла составляло 714 м (самое длинное расстояние в озере Баи Мау — 1400 м, самое ближайшее расстояние в озере Бо Де и Хай Ба Чынг — 200 м). Зимой средняя интенсивность снижения тепла составляла 1,1 °C (самая высокая интенсивность снижения тепла в озере Хоан Киём — 2 °C, самая низкая интенсивность снижения тепла в озере

Ланг — 0,5 °C); среднее расстояние снижения тепла составляло 733 м (самое длинное расстояние в озере Тхань Конг, Тхань Нхан, Баи Мау — 1400 м, самое ближайшее расстояние в озере Ланг — 200 м). Летом средняя интенсивность снижения тепла выше, чем зимой.

На основе графика, показывающего зависимость между тепловой интенсивностью и размерностью зеленого пространства, выведено нелинейное соотношение (см. рис. 5). Интенсивность снижения тепла пропорциональна увеличению размера зеленого пространства. Нелинейная модель с независимым измерением может объяснить изменение средней интенсивности снижения тепла летом на 71,93 % и изменение средней интенсивности снижения тепла зимой на 36,86 %. Исследования показывают, что размер зеленого пространства является важным фактором, влияющим на интенсивность снижения тепла.

На рис. 6 показано, что увеличение площади зеленого пространства способствует увеличению диапазона охлаждения городских районов.

На рис. 7 продемонстрировано, что связь между интенсивностью снижения тепла и показателем формы зеленого пространства — это линейная инвертированная система. Когда показатель SI увеличивается, интенсивность снижения тепла

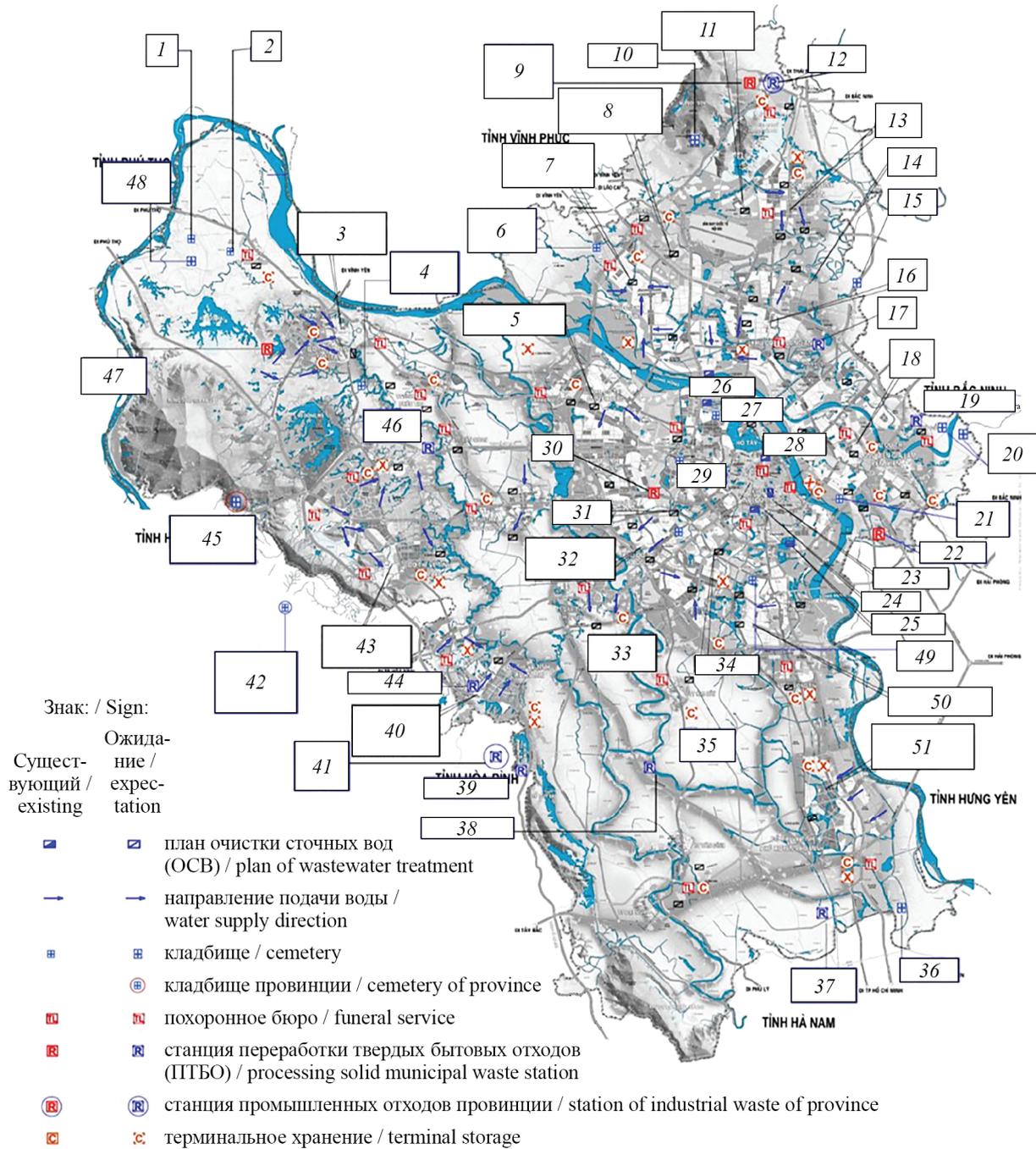


Рис. 4. Речные системы в городе Ханой [22]: 1 — кладбище Йен Ки I, 38,4 га; 2 — кладбище Винь Ханг, 18 га; 3 — станция переработки твердых бытовых отходов (ПТБО) Шон Тай, 19 га; 4 — кладбище Шон Чам, 16 га; 5 — план ОСВ Кау Диен; 6 — кладбище Тхань Тьюк, 6,7 га; 7 — план ОСВ Ме Линь; 8 — план ОСВ Ме Линь, Тхан Лонг; 9 — станция ПТБО Нам Шон, 83,5 га; 10 — кладбище Минь Фу, 84 га; 11 — станция ПТБО Шок Шон, 11,5 га; 12 — станция промышленных отходов провинции Шок Шон, 196 га; 13 — план ОСВ Шок Шон; 14 — план ОСВ Донг Ань; 15 — кладбище Донг Ань, 22 га; 16 — план ОСВ Донг Ань; 17 — станция ПТБО Донг Ань, 19 га; 18 — план ОСВ Донг Бьен, Жа Лам; 19 — станция ПТБО Фу Донг — Жа Лам, 83,5 га; 20 — кладбище Жа Лам, 54 га; 21 — кладбище Сай Донг, 2,3 га; 22 — станция ПТБО Киеу Ки, 19 га; 23 — план ОСВ Тхонг Нхат; 24 — план ОСВ Ким Лиен; 25 — план ОСВ Йен Со; 26 — похоронное бюро Бюрочук Бач; 27 — кладбище Суан Динь, 5 га; 28 — похоронное бюро Бюрочук Бач; 29 — кладбище Май Дич 1, 5,5 га; 30 — станция ПТБО Кау Ден, 3,9 га; 31 — план ОСВ Ньюэ; 32 — направление подачи воды Ха Донг; 33 — план ОСВ Чук Шон; 34 — станция ПТБО Йен Са, 4,874 га; 35 — кладбище Ван Фук, 5 га; 36 — кладбище Бач Ха, 22 га; 37 — станция ПТБО Чау Кан, 8 га; 38 — станция ПТБО Као Дьонг, 10 га; 39 — станция ПТБО Донг Кэ, 19 га; 40 — направление подачи воды Суан Май; 41 — станция ПТБО Тйен Шон, 200 га; 42 — кладбище Лак Хонг Вен, 39 га; 43 — направление подачи

воды Хоа Лак; 44 — станция ПТБО Нуй Тхоонг, 9 га; 45 — кладбище Май Дич II, 39 га; 46 — станция ПТБО Гхач Тхат, 10 га; 47 — станция ПТБО Суан Шон, 26 га; 48 — кладбище Йен Ки, 289 га ; 49 — кладбище Ван Диен; 50 — план ОСВ Тхьонг Тин; 51 — план ОСВ Фу Суен

Fig. 4. River systems in the city of Hanoi [22]. 1 — Cemetery Yen Ki I, 38.4 ha; 2 — Cemetery Vinh Hang, 18 ha; 3 — Processing solid municipal waste station Shaun Thai, 19 ha; 4 — Cemetery Shaun Cham, 16 ha; 5 — Plan of wastewater treatment Kau Dien; 6 — Cemetery Thanh Tyok, 6.7 ha; 7 — Plan of wastewater treatment Me Lin; 8 — Plan of wastewater treatment Me Lin, Than Long; 9 — Processing solid municipal waste station Nam Shawn, 83.5 ha; 10 — Cemetery Ming Fu, 84 ha; 11 — Processing solid municipal waste station Shock Shawn; 12 — Station of industrial waste province Shock Shawn, 196 ha; 13 — Plan of wastewater treatment Shock Shawn; 14 — Plan of wastewater treatment Dong Anh; 15 — Cemetery Dong Anh, 22 ha; 16 — Plan of wastewater treatment Dong Anh; 17 — Processing solid municipal waste station Dong Anh, 19 ha; 18 — Plan of wastewater treatment Dong Bien, Zha Lam; 19 — Station of industrial waste Fu Dong — Zha Lam, 83.5 ha; 20 — Cemetery Zha Lam, 54 ha; 21 — Cemetery Sai Dong, 2.3 ha; 22 — Processing solid municipal waste station Kieu Ki, 19 ha; 23 — Plan of wastewater treatment Thong Nhat; 24 — Plan of wastewater treatment Kim Lien; 25 — Plan of wastewater treatment Yen So; 26 — Funeral Bureau Byurochuk Bach; 27 — Cemetery Suan Dinh, 5 ha; 28 — Funeral Bureau Byurochuk Bach; 29 — Cemetery May Ditch 1, 5.5 ha; 30 — Processing solid municipal waste station Cow Den, 3.9 ha; 31 — Plan of wastewater treatment Nue; 32 — Ha Dong water supply direction; 33 — Plan of wastewater treatment Chuck Shawn; 34 — Processing solid municipal waste station Yen Sa, 4.874 ha; 35 — Cemetery Van Fook, 5 ha; 36 — Cemetery Bach Ha, 22 ha; 37 — Processing solid municipal waste station Chau Kang, 8 ha; 38 — Processing solid municipal waste station Kao Duong, 10 ha; 39 — Processing solid municipal waste station Dong Ke, 19 ha; 40 — Suan Mai water supply direction; 41 — Processing solid municipal waste station Tyen Shawn, 200 ha; 42 — Cemetery Lac Hong Ven, 39 ha; 43 — Hoa Lac water supply direction; 44 — Processing solid municipal waste station Nui Thoong, 9 ha; 45 — Cemetery Mai Dich II, 39 ha; 46 — Processing solid municipal waste station Ghach That, 10 ha; 47 — Processing solid municipal waste station Suan Shaun, 26 ha; 48 — Cemetery Yen Ki, 289 ha ; 49 — Cemetery Van Dien; 50 — Plan of wastewater treatment Thyong Ting; 51 — Plan of wastewater treatment Fu Suen

Табл. 1. Статистика приемов интенсивности снижения тепла (максимально) и расстояния снижения тепла (максимально) в периоды лета и зимы в районе 21 озера [23]

Table 1. Statistics of methods of intensity of heat reduction (maximum) and distance of heat reduction (maximum) in the period of summer and winter in the area of 21 lakes [23]

Номер / No.	Территория (Озеро) / Territory (Lake)	Площадь, га / Area, ha	Периметр, м / Perimeter, m	Показатель SI ¹ , м/га / Indicator SI, m/ha	Лето / Summer		Зима / Winter	
					T _{PCP} , °C	Расстояние, м / Distance, m	T _{PCP} , °C	Расстояние, м / Distance, m
1	Хоан Киём / Hoan Kiem	15,32	1671,73	109	3,6	700	2	700
2	Хуи Ван / Нуу Ван	1,31	446,58	341	1,7	300	0,9	400
3	Тху Лэ / Thu Le	12,95	1669,06	129	3,7	1200	1,4	1400
4	Тхань Конг / Thanh Cong	5,49	960,29	175	3,2	900	1,2	1400
5	Са Дан / Sa Dan	3,84	760,34	198	3,6	700	1,4	500
6	Ким Лен / Kim Lien	2,01	631,36	314	1,6	500	0,7	500
7	Жанг Во / Giang Vo	7,17	1003,6	140	4	1200	1	700
8	Хо Таи / Но Тау	506,27	20553,46	41	3,3	1000	1,7	1200
9	Нгок Хань / Ngoc Khanh	3,63	767,89	212	1,7	400	0,7	300
10	Ланг / Lang	1,63	677,53	416	2,4	600	0,5	200
11	Донг Да / Dong Da	13,61	1832,66	135	4,5	1100	1,2	900
12	Баи Мау / Bai Mau	26,05	2130,89	82	5,2	1300	1,3	1400

¹ (SI) Показатель формы определяется отношением периметра, м, и площади, га, зеленого пространства.

Номер / No.	Территория (Озеро) / Territory (Lake)	Площадь, га / Area, ha	Периметр, м / Perimeter, m	Показатель SI ¹ , м/га / Indicator SI, m/ha	Лето / Summer		Зима / Winter	
					T _{PCI} , °C	Расстояние, м / Distance, m	T _{PCI} , °C	Расстояние, м / Distance, m
13	Тхен Куанг / Thien Quang	6,79	1079,59	159	4	700	1,2	700
14	Хай Ба Чынг / Hai Ba Trung	1,07	384,18	359	1,5	200	0,7	300
15	Тхань Нхан / Thanh Nhan	7,83	1317,13	168	4,1	900	1,1	1400
16	Жап Бат / Giap Bat	1,56	542,78	348	2,3	600	1,3	800
17	Ден Лы / Den Lu	4,97	1062,99	214	2,4	600	1	300
18	Линь Куанг / Linh Quang	2,07	556,13	269	3	500	0,8	300
19	Нгхиа Тан / Nghia Tan	4,98	931,89	187	3,7	800	1,2	700
20	Ле Тронг Тан / Le Trong Tan	2,94	640,95	218	2,7	600	1,6	600
21	Бо Де / Bo De	2,02	779,74	386	1	200	0,8	700
среднее значение: / average value:		30,17	1923,85	219,05	3,01	714,29	1,13	733,33

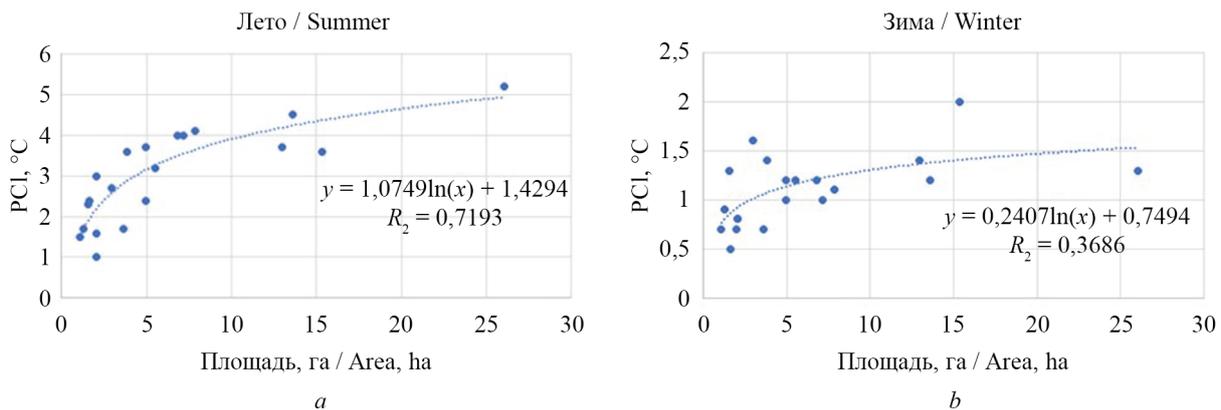


Рис. 5. График связи между средней интенсивностью снижения тепла, °C, и средним расстоянием снижения тепла, га
 Fig. 5. Graph of the relationship between the average intensity of heat reduction, °C, and the average distance of heat reduction, ha

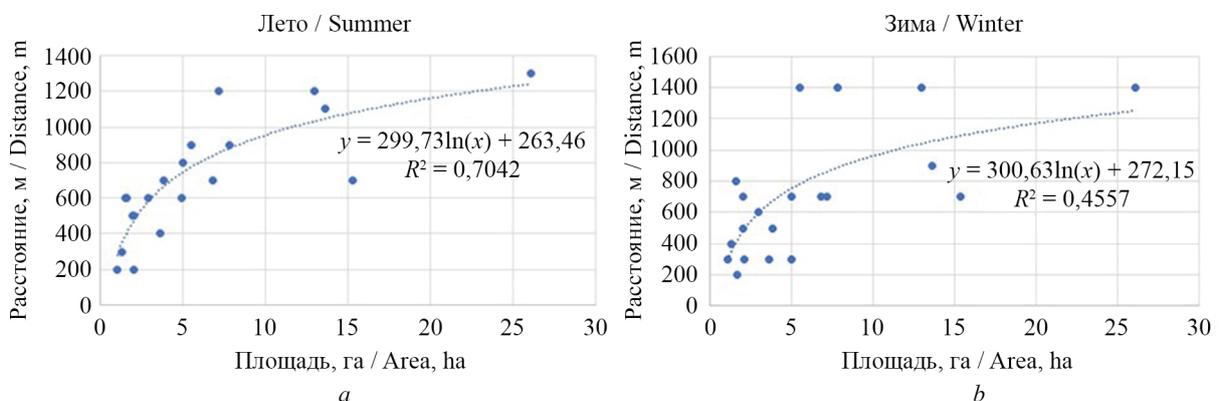


Рис. 6. График связи между расстоянием снижения тепла, м, и площадью зеленого пространства, га
 Fig. 6. Graph of the relationship between the heat reduction distance, m, and the area of green space, ha

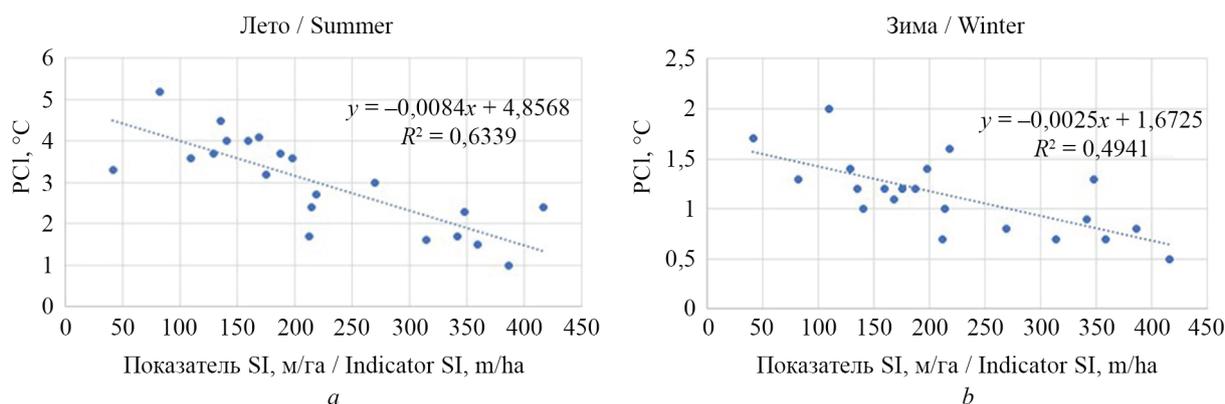


Рис. 7. График связи между средней интенсивностью снижения тепла, °С, и показателем формы зеленого пространства, м/га

Fig. 7. Graph of the relationship between the average intensity of heat reduction, °C, and the shape indicator of the green space, m/ha

уменьшается. Поэтому, чтобы увеличить интенсивность снижения тепла зеленого пространства, необходимо уменьшить показатель SI увеличением площади зеленого пространства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ханой имеет высокую плотность рек и озер, поэтому трудно отделить влияние поверхности воды или деревьев на температуру в городах. В исследовании показано, что зеленые пространства имеют

отношение к площади поверхности воды и тени деревьев, а незначительная доля земли не влияет на увеличение разницы температур между внутренним и внешним зеленым пространством. Площадь зеленого пространства играет важную роль в снижении температуры во внутреннем городе Ханой. Чтобы создать зеленое пространство для эффективного городского охлаждения, при планировании «зеленых зон» следует уделять больше внимания пространственному измерению зеленого пространства для каждой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Howard L.* The climate of London: Deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it. London : Harvey and Darton, 1833.
2. *Renou E.* Instructions météorologiques // Annuaire Société Météorologie de France. 1855. Vol. 3 (1). Pp. 73–160.
3. *Renou E.* Différences de température entre, Paris et Choisy-le-Roi // Annuaire Société Météorologie de France. 1862. Vol. 10. Pp. 105–109.
4. *Renou E.* Differences de temperature entre la ville et la campagne // Annuaire Société Météorologie de France. 1868. Vol. 3. Pp. 83–97.
5. *Schmidt W.* Zum Einfluss grosser Städte auf das Klima // Die Naturwissen. 1917. Vol. 5. Issue 30. Pp. 494–495. DOI: 10.1007/bf02450060
6. *Schmidt W.* Die Verteilung der Minimum temperaturen in der Frostnacht des 12 Mai 1927 im Gemeindegebiet von Wien // Fortschritte der Landwirtschaft. 1929. No. 2 (21). Pp. 681–686.
7. *Mitchell J.M.* On the causes of instrumentally observed secular temperature trends // Journal of Meteorology. 1953. Vol. 10. Issue 4. Pp. 244–261. DOI: 10.1175/1520-0469(1953)010<0244:OTCOIO>2.0.CO;2
8. *Mitchell J.M.* The temperature of cities // Weatherwise. 1961. Vol. 14. Issue 6. Pp. 224–258. DOI: 10.1080/00431672.1961.9930028
9. *Li Yang, Feng Qian, De-Xuan Song, Ke-Jia Zheng.* Research on urban heat-island effect // Procedia Engineering. 2016. Vol. 169. Pp. 11–18. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.10.002
10. *Ranhao Sun, Yihe Lu, Xiaojun Yang, Liding Chen.* Understanding the variability of urban heat islands from local background climate and urbanization // Journal of cleaner production. 2019. Vol. 208. Pp. 743–752. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.178
11. *Memon R.A., Leung D.Y.* Impacts of environmental factors on urban heating // Journal of Environmental Sciences. 2010. Vol. 22. Issue 12. Pp. 1903–1909. DOI: 10.1016/s1001-0742(09)60337-5
12. *Rajagopalan Priyadarsini, Wong Nyuk Hien, David Cheong K.W.* Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate ur-

ban heat island // *Solar Energy*. 2008. Vol. 82. Issue 8. Pp. 727–745. DOI: 10.1016/j.solener.2008.02.008

13. Patz J.A., Campbell-Lendrum D., Holloway T., Foley J.A. Impact of regional climate change on human health // *Nature*. 2005. Vol. 438. Issue 7066. Pp. 310–317. DOI: 10.1038/nature04188

14. Yishan Xu, Dian Zhou, Zhe Li. Research on characteristic analysis of urban heat island in multi-scales and urban planning strategies // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 169. Pp. 175–182. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.10.021

15. Zhu Yalan, Yu Lili, Ding Shaogang. The application of ventilated corridor in improving city environment // *Journal Urban Development Studies*. 2008. No. 1. Pp. 46–49.

16. Rajagopalan P., Lim K.C., Jamei E. Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city // *Solar Energy*. 2014. Vol. 107. Pp. 159–170. DOI: 10.1016/j.solener.2014.05.042

17. Erell E., Pearlmutter D., Williamson T.T.J. Urban microclimate: designing the spaces between buildings. Routledge, 2010. 288 p.

18. Serteser N., Ok V. The effects of building parameters on wind velocity and air-flow type in the urban settlements // *The seventh International Conference on Urban Climate*. Yokohama. 2009. Vol. 29.

19. Yang Li. Computational fluid dynamics technology and its application in wind environment analysis // *Journal of Urban Technology*. 2010. Vol. 17. Issue 3. Pp. 67–81. DOI: 10.1080/10630732.2010.553046

20. Li F., Wang R., Paulussen J., Liu X. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles; a case study in Beijing, China // *Landscape and urban planning*. 2005. Vol. 72. Issue 4. Pp. 325–336. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2004.04.002

21. Eleftheria A., Phil J. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates // *Building and Environment*. 2008. Vol. 43. Issue 4. Pp. 480–493. DOI:10.1016/j.buildenv.2006.10.055

22. Thuyết minh thẩm định đánh giá hiện trạng g Thủ đô Hà Nội. Viện kiến trúc Quốc Gia, 2017 quyển 1 trang 175. (Описание о существующем градостроительстве г. Ханой : Национальный вьетнамский архитектурный институт, 2017. С. 175).

23. Thông tin về khí hậu của Thành phố Hà Nội. Trung tâm dịch vụ và tài liệu thống kê, Tổng cục Thống kê, 2016, trang 32. (Описание о погоде г. Ханой, Общая статистика Вьетнама, статистическая документация и сервисный центр. 2016. С. 32).

Поступила в редакцию 6 декабря 2018 г.

Принята в доработанном виде 27 января 2019 г.

Одобрена для публикации 31 января 2019 г.

ОБ АВТОРЕ: Ле Минь Туан — аспирант кафедры архитектуры, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, architect290587@Gmail.com.

REFERENCES

1. Howard L. *The climate of London: Deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it*. London, Harvey and Darton, 1833.

2. Renou E. Instructions météorologiques. *Annuaire Société Météorologie de France*. 1855; 3(1):73-160.

3. Renou E. Différences de température entre, Paris et Choisy-le-Roi. *Annuaire Société Météorologie de France*. 1862; 10:105-109.

4. Renou E. Differences de temperature entre la ville et la campagne. *Annuaire Société Météorologie de France*. 1868; 3:83-97.

5. Schmidt W. Zum Einfluss grosser Städte auf das Klima. *Die Naturwissen*. 1917; 5(30):494-495. DOI: 10.1007/bf02450060

6. Schmidt W. Die Verteilung der Minimum temperaturen in der Frostnacht des 12 Mai 1927 im Gemeindegebiet von Wien. *Fortschritte der Landwirtschaft*. 1929; 2(21):681-686.

7. Mitchell J.M. On the causes of instrumentally observed secular temperature trends. *Journal of Meteorology*. 1953; 10(4):244-261. DOI: 10.1175/1520-0469(1953)010<0244:OTCOIO>2.0.CO;2

8. Mitchell J.M. The temperature of cities. *Weatherwise*. 1961; 14(6):224-258. DOI: 10.1080/00431672.1961.9930028

9. Li Yang, Feng Qian, De-Xuan Song, Ke-Jia Zheng. Research on urban heat-island effect. *Procedia Engineering*. 2016; 169:11-18. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.10.002

10. Ranhao Sun, Yihe Lu, Xiaojun Yang, Liding Chen. Understanding the variability of urban heat islands from local background climate and urbanization. *Journal of cleaner production*. 2018; 208:743-752. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.178
11. Memon R.A., Leung D.Y. Impacts of environmental factors on urban heating. *Journal of Environmental Sciences*. 2010. 22(12):1903-1909. DOI: 10.1016/s1001-0742(09)60337-5
12. Rajagopalan Priyadarsini, Wong Nyuk Hien, David Cheong K.W. Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island. *Solar Energy*. 2008; 82(8):727-745. DOI: 10.1016/j.solener.2008.02.008
13. Patz J.A., Campbell-Lendrum D., Holloway T., Foley J.A. Impact of regional climate change on human health. *Nature*. 2005; 438(7066):310-317. DOI: 10.1038/nature04188
14. Yishan Xu, Dian Zhou, Zhe Li. Research on characteristic analysis of urban heat island in multi-scales and urban planning strategies. *Procedia Engineering*. 2016; 169:175-182. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.10.021
15. Zhu Yalan, Yu Lili, Ding Shaogang. The application of ventilated corridor in improving city environment. *Journal Urban Development Studies*. 2008; 1:46-49.
16. Rajagopalan P., Lim K.C., Jamei E. Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city. *Solar Energy*. 2014; 107:159-170. DOI: 10.1016/j.soler.2014.05.042
17. Erell E., Pearlmutter D., Williamson T.T.J. *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Routledge, 2010; 288.
18. Serteser N., Ok V. The effects of building parameters on wind velocity and air-flow type in the urban settlements. *The seventh International Conference on Urban Climate*. Yokohama. 2009; 29.
19. Yang Li. Computational fluid dynamics technology and its application in wind environment analysis. *Journal of Urban Technology*. 2010; 17(3):67-81. DOI: 10.1080/10630732.2010.553046
20. Li F., Wang R., Paulussen J., Liu X. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles; a case study in Beijing, China. *Landscape and urban planning*. 2005; 72(4):325-336. DOI:10.1016/j.landurbplan.2004.04.002
21. Eleftheria A., Phil J. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*. 2008; 43(4):480-493. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.055
22. Thuyết minh thẩm định đánh giá hiện trạng Thủ đô Hà Nội. Viện kiến trúc Quốc Gia, 2017 quyển 1 trang 175. (Description of the existing town planning Hanoi. Vietnamese National Institute of Architecture Institute, 2017; 175).
23. Thông tin về khí hậu của Thành phố Hà Nội. Trung tâm dịch vụ và tài liệu thống kê, Tổng cục Thống kê, 2016, trang 32. (Description of the weather, Hanoi. General statistics of Vietnam, statistical documentation and service center. 2016; 32).

Received December 6, 2018

Adopted in a modified form January 27, 2019

Approved for publication January 31, 2019

ABOUT THE AUTHOR: **Le Minh Tuan** — postgraduate student of Department of Architecture, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, architect290587@gmail.com.