

Оригинальная статья

УДК 502/504:551.583

DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-91-94

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА «ТЕПЛООВОГО ОСТРОВКА» НА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

МАМЕДОВА ЭСЬМИРА АМИЛЬ ГЫЗЫ, старший научный сотрудник

esimemmedova1985@mail.ru

Институт космических исследований природных ресурсов Национального аэрокосмического агентства, г. Баку, AZ1115, ул. С.С. Ахундова, 9, Азербайджанская Республика

Сформулирована и решена задача дальнейшего развития статистической модели для определения оценки эффекта ГТО (городской тепловой остров) на городских территориях, содержащих каньоны различных конфигураций. Предложен обобщенный суммарный пространственный показатель эффекта ГТО. Исследована функциональная связь между показателями предложенной обобщенной модели Оке. Определена оптимальная связь между показателями этой модели, при которой суммарный пространственный показатель теплового островка достигает экстремума. На основе полученных результатов выработана рекомендация по оптимальному выбору показателей модели Оке, то есть высоты и ширины конфигураций городских зон в виде каньонов.

Ключевые слова: тепловой островок, урбанизированная территория, оптимизация, функционал, модель

Формат цитирования: Мамедова Э.А. Модельное исследование эффекта «теплового островка» на городских территориях // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 91-94. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-91-94.

© Мамедова Э.А.Г., 2022

Original article

MODEL STUDY OF THE “HEAT ISLAND” EFFECT ON URBAN AREAS

MAMMADOVA ELMIRA AMIL gizi, Senior Researcher

esimemmedova1985@mail.ru

Institute for Space Research of Natural Resources of the National Aerospace Agency, AZ1115, Baku, S.S. Akhundova str., 9/, Azerbaijan Republic

The problem of further development of a statistical model for determining the assessment of the UHI effect (urban heat island) in urban areas containing canyons of various configurations is formulated and solved. A generalized total spatial indicator of the UHI effect is proposed. The functional relationship between the indicators of the proposed generalized. Oki model is investigated. The optimal relationship between the indicators of this model is determined, at which the total spatial index of the thermal island reaches an extremum. Based on the results obtained, a recommendation was developed for the optimal choice of indicators of the Oki model, i.e. the height and width of configurations of urban zones in the form of canyons.

Keywords: heat island, urbanized territory, optimization, functionality, model

Format of citation: Mammadova E.A.g. Model study of the “Heat island” effect on urban areas // Prirodoobustrojstvo. – 2022. – No. 3. – P. 91-94. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-91-94.

Введение. Эффект «теплового островка» в городских зонах заключается в повышении температуры на несколько градусов в густонаселенных зонах урбанизированных территорий. Причиной этого является отличие аэродинамических, радиационных, термальных, а также влажностных характеристик

урбанизированных территорий от сельской местности. Эффект городского теплового островка (далее – ГТО) приводит к увеличению заболеваний и смертности населения, повышению степени загрязненности воздуха, повышению энергопотребления для кондиционирования воздуха. В целом эффект ГТО

связан энергобалансом городской территории, который выражается следующим образом [1]:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + Q_S + \Delta Q_A \quad (\text{Вт} / \text{м}^2), \quad (1)$$

где Q^* – волновой радиационный поток; Q_H – турбулентный осязаемый (сенсильный) тепловой поток; Q_E – латентный (скрытый) тепловой поток; Q_S – тепловые потоки ввиду влияния частичного растительного покрова; ΔQ_A – горизонтальный адвективный тепловой поток; Q_F – антропогенный тепловой поток, связанный с использованием различного вида топлива.

Существуют различные модели эффекта ГТО, к которым можно отнести:

- физические модели;
- статистические модели;
- количественные модели.

Физические модели не позволяют прямым образом оценить температурную среду, однако могут быть полезными для вычисления некоторых характеристик эффекта ГТО [2, 3].

Количественные модели позволяют моделировать различные эффекты и процессы, влияющие на температуру городской среды (частичный вегетационный покров, излучательность поверхности, теплоемкость и т.д.) [4-6].

Наиболее развитыми и простыми являются статистические модели, в которых учитываются такие показатели, как количество населения, геометрические факторы, а также метеорологические показатели [7, 8]. Наиболее распространенным является эмпирическая модель, разработанная для городской зоны с конфигурацией местности в виде каньона (рис. 1).

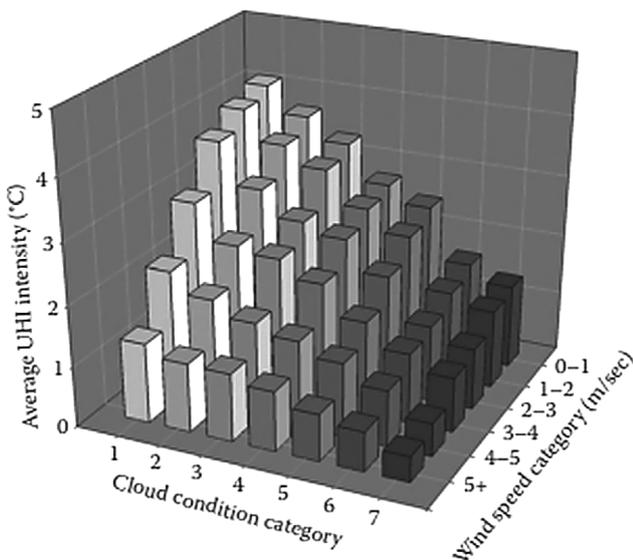


Рис. 1. Модель эффекта ГТО городской зоне, имеющей конфигурацию каньона, в которой учтены такие факторы, как облачность и скорость ветра [8]

Fig. 1. UHI effect model of an urban area with a canyon configuration that takes into account factors such as cloudiness and wind speed [8]

Согласно источнику [9] в городских зонах с конфигурацией в виде каньона существует следующая зависимость между показателем температурного роста при сухой и безветренной погоде и геометрическими показателями конфигурации природного каньона:

$$\Delta T = a_1 + a_2 \ln \left(\frac{H}{W} \right), \quad (2)$$

где H – высота каньона; W – ширина каньона.

Экспериментально снятая зависимость (2) в виде кривой представлена на рисунке 2.

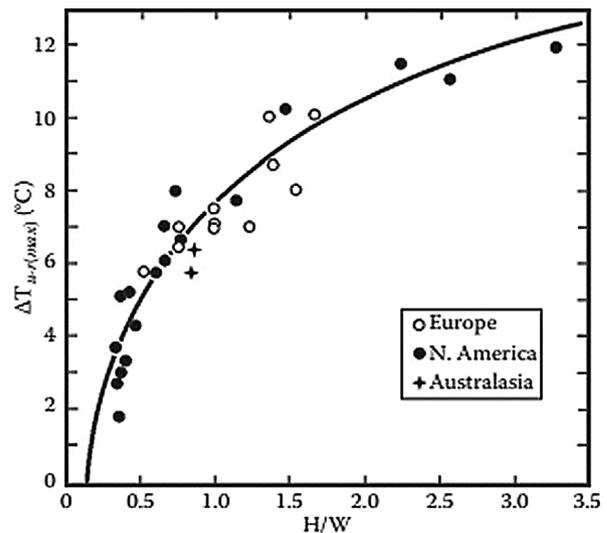


Рис. 2. Экспериментальная кривая зависимости (2) для условий безоблачной, безветренной и сухой погоды [9]

Fig. 2. Experimental dependency curve (2) for conditions without cloudy and dry weather [9]

Как следует из вышеизложенного, модель (2) описывает конкретную городскую зону, имеющую конфигурацию каньона. Города, расположенные в горной местности, могут иметь множество таких зон, в которых показатели H и W различны. В таких случаях возникает необходимость выработки единого показателя эффекта ГТО. В статье исследуется этот вопрос применительно к урбанизированным зонам, расположенным в неровной местности, характеризующейся наличием множества конфигураций в виде каньонов различных размеров.

Результаты и их обсуждение. Для урбанизированных зон с множеством конфигураций расположения в виде каньонов разных размеров допустимо существование множества $\{W_i\}$, где элементы этого множества строго упорядочены, то есть имеет место равенство:

$$W_i = i \cdot \Delta W_i; \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где W_i – шаг приращения W .

Для интегральной оценки эффекта ГТО можно предложить показатель γ , определяемый как

$$\gamma = W \cdot \Delta T. \quad (4)$$

С учетом (2) и (4) получим:

$$\gamma = W \cdot \left(a_1 + a_2 \ln \frac{H}{W} \right). \quad (5)$$

Далее введем на рассмотрение функциональную зависимость

$$H = H(W), \quad (6)$$

оптимальный вид которой представляет определенный интерес. При этом критерием проводимой оптимизации является следующий показатель:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \Delta T_i \rightarrow \text{extr}. \quad (7)$$

С учетом (4) ÷ (7) имеем:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n W \left[a_1 + a_2 \ln \frac{H(W)}{W} \right] \rightarrow \text{extr}. \quad (8)$$

Показатель α может быть рассмотрен в виде одномерной пространственной суммы эффектов ГТО. Следовательно, определенный интерес представляет вопрос о выборе такой функции $H(W)$, при которой α уменьшился бы до минимума.

Модельные исследования. Для поиска оптимальной функции $H(W)$, при которой достигается суммарный эффект ГТО, то есть показатель α , примем следующее ограничительное условие:

$$\sum_{i=1}^n H(W_i) = C; \quad C = \text{const}. \quad (9)$$

Ограничение (9) физически означает то, что в рассматриваемых моделях множеств городских каньонов сумма высот этих каньонов должна быть постоянной величиной.

С учетом (8) и (9), если условно перейти на непрерывную модель расчетов, можно составить следующий целевой функционал вариационной оптимизации:

$$F = \int_0^{W_{\max}} W \left[a_1 + a_2 \ln \frac{H(W)}{W} \right] dW - \lambda \left[\int_0^{W_{\max}} H(W) dW - C \right]. \quad (10)$$

Согласно методу Эйлера [10] решение задачи должно отвечать условию:

$$\frac{d \left\{ W \left[a_1 + a_2 \ln \frac{H(W)}{W} \right] - \lambda \cdot H(W) \right\}}{dH(W)} = 0. \quad (11)$$

Из условия (11) получим:

$$W a_2 \frac{1}{H(W)} - \lambda = 0. \quad (12)$$

Из (12) получаем:

$$H(W) = \frac{W a_2}{\lambda}. \quad (13)$$

С учетом непрерывного аналога (9) и (13) напишем:

$$\int_0^{W_{\max}} \frac{W a_2}{\lambda} dW = C. \quad (14)$$

Из (14) находим:

$$\lambda = \frac{a_2 W_{\max}^2}{2C}. \quad (15)$$

С учетом (13) и (15) окончательно получаем:

$$H(W) = \frac{2CW}{W_{\max}^2}. \quad (16)$$

При решении (16) целевой функционал (10) достигает максимума, так как вторая производная выражения в фигурных скобках (11) по $H(W)$ всегда отрицательна. Следовательно, для больших урбанизированных зон, состоящих из множества конфигураций в виде разноразмерных каньонов, оптимальным является такая конфигурация, где H и W изменяются инверсно, то есть рост H сопровождается уменьшением W , и наоборот.

Выводы

Таким образом, рассмотрена задача дальнейшего развития статистической модели Оке для определения оценки эффекта ГТО на городских территориях, характеризующихся наличием каньонов различных конфигураций. На базе известной модели Оке предложен обобщенный суммарный пространственный показатель эффекта ГТО. Введена на рассмотрение функциональная связь между показателями модели Оке. Введение некоторого ограничения на указанную функциональную связь и условный переход на непрерывную модель анализа позволили определить такую связь между показателями модели Оке, при которой суммарный пространственный показатель ГТО достигает экстремума. На основе полученных результатов выработана рекомендация по оптимальному выбору показателей модели Оке, то есть высоты и ширины конфигураций городских зон в виде каньонов.

Библиографический список / References

1. **Oke T.R.** The urban energy balance // *Prog. Phys. Geogr.* – 1988. – Vol. 12.
2. **Souto J.I.O., Cohen J.C.P.** Spatiotemporal variability of urban heat island: influence of urbanization on seasonal pattern of land surface temperature in the Metropolitan Region of Belem, Brazil // *Revista Brasileira de Gestao Urbana.* – 2021. – Vol. 13. E20200260. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200260>.
3. **Listyawati R.N., Prasetyo P.** Analysis of urban heat island phenomenon as a global warming control based on remote sensing in Jember urban, Island // *Earth and Environmental Science.* – 2021. – Vol. 887. Doi: 10.1088/1755-1315/887/1/012002.
4. **Gonzalez F.M.L., Navarro L.A.N., Caravantes R.E.D., Navarro-Estupinan J.** Vegetation cover and urban heat islands/oases distribution in Hermosillo city, Sonora // *International Journal of Borders, Territories and Regions.* – 2021. *Frontera Norte.* – Vol. 33. – Art. 6
5. **Oke T.R.** The energetic basis of the urban heat island // *Quart. J.R. Met. Soc.* – January. – 1982. – Vol. 108. – № 455. – Pp. 1-24.
6. **Phelan P.E., Kaloush K., Miner M. et al.** Urban heat Island: mechanisms, implications and possible remedies // *Annual Review of Environmental Resources.* – 2015. – Vol. 40. – Pp. 285-307.
7. **Li Y., Schubert S., Kropp J.P. et al.** On the influence of density and morphology on the urban heat island intensity. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16461-9>.
8. **Roth M., Harindra J.** Handbook of Environmental Fluid Dynamics. 2013. – Vol. 2 <https://doi.org/10.1201/b13691>
9. **Oke T.R.** City size and the urban heat island // *Atmos. Environ.* – 1973. – Vol. 7. – Pp. 769-779.
10. **Эльсгольд Л.Э.** Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1974. – 432 с.
11. **Elsgolts L.E.** *Differentsialnyye uravneniya i variatsionnoe ischislenie.* – М.: Nauka, 1974. – 432 s.
11. Urban Heat Islands. – URL: <https://profile.nus.edu.sg/fass/geomr/roth%20uhi%20hefd13.pdf>.

Критерии авторства

Мамедова Э.А. выполнила теоретические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, Имеет на статью авторское право и несёт ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 06.04.2022

Одобрена после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 24.05.2022

Criteria of Authorship

Mamedova E.A.g. carried out theoretical studies, on the basis of which she generalized and wrote the manuscript. Mamedova E.A.g. has a copyright on the article and is responsible for plagiarism.

The article was submitted to the editorial office 06.04.2022

Approved after reviewing 11.05.2022

Accepted for publication 24.05.2022