

К ВОПРОСУ ОБ ОСТРОВАХ ТЕПЛА В ГОРОДАХ КИТАЯ

Ян Лю

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, 617983982@qq.com

В статье на основе анализа научных статей, находящихся в открытом доступе на платформе Elsevier, проведен краткий анализ факторов и различий в формировании городских островов тепла (UHI) на примере четырех городов Китая первого уровня по классификации YiCai в зависимости от деловой привлекательности.

Ключевые слова: города Китая первого уровня; эффект городского острова тепла; пространственные и временные изменения.

Введение. «Эффект острова тепла» города одним из первых был зафиксирован в 1833 году британским климатологом Л. Ховардом, который констатировал, что температура в центре Лондона была выше, чем в пригородах, [5]. В XX веке ускорение урбанизации усилило различные экологические угрозы. Глобальные температуры продолжали расти, и разница температур между городскими и пригородными районами стала более очевидной, что привело к формированию эффекта городского острова тепла (urban heat island, UHI) [4]. Однако лишь в 1958 году Г. Мэнли впервые назвал явление более высоких температур в городских районах, чем в пригородах, «эффектом городского острова тепла» [6].

В настоящее время изменение климата оказывает глубокое воздействие на благополучие и здоровье людей. Существование эффекта острова тепла в городских районах значительно усилило последствия изменения климата, такие как высокая температура и волны жары [3]. В настоящее время явление городского острова тепла наблюдается более чем в 1100 городах по всему миру и в 98,9 % городов Китая [8, 9]. Интенсивность острова тепла обычно может достигать 4–5 °C, а экстремальные значения могут достигать более высоких значений (10 °C) [10]. Появление острова тепла имеет положительное значение для снижения потребления тепловой энергии в городах высоких широт. Однако для большинства городов средних и низких широт появление острова тепла приносит ряд негативных последствий [10], в том числе усугубляющих. Интенсивность высоких температур и волн жары летом [7] способствует возникновению эпидемий и инфекционных заболеваний, увеличивает смертность от жары, увеличивает потребление летней охлаждающей энергии и выбросы парниковых газов [1], увеличивает потери водных ресурсов [2], усугубляет загрязнение

воздуха и снижает комфортность жизни в городах [3], что не способствует устойчивому развитию городских экосистем.

С дальнейшим быстрым развитием глобальной урбанизации масштабы и степень эффекта городского острова тепла будут продолжать усиливаться, а эффект городского острова тепла становится важной экологической проблемой, влияющей на развитие человечества в XXI веке. Поэтому в условиях усиливающегося глобального потепления и экстремально высоких температур большое значение имеет использование научных и эффективных методов для улучшения текущих городских климатических условий и обеспечения устойчивости будущих городских экосистем. По этой причине выяснение пространственно-временных характеристик изменения эффекта городского острова тепла, выявление механизма его формирования и предложение адаптивных контрмер стали ключевыми и горячими вопросами в исследованиях изменения климата и урбанизации [3, 4].

Материалы и методы исследований. В исследовании ставилась цель на основе краткого обзора литературы оценить тенденции островов тепла городов Китая. Объектом исследования выступили города первого уровня в соответствии с пятиуровневой классификацией YiCai 337 городов в зависимости от деловой привлекательности. К первому уровню отнесены четыре города - Пекин, Шанхай, Гуанчжоу и Шэньчжэнь. Эти города представляют собой мегаполисы, которые играют важную роль в национальной и глобальной политической, экономической и другой социальной деятельности. Информационной базой исследования выступили научные статьи в области анализа островов тепла городов Китая, размещенные на платформе Elsevier.

Результаты и их обсуждение. Полифункциональным городом и одним из наиболее значимых в экономике страны и мира является *Пекин*. Этот город занимает первую позицию в стране по деловой привлекательности в соответствии с классификацией YiCai. Он расположен в северной части Северо-Китайской равнины. Рельеф местности высокий на северо-западе и низкий на юго-востоке. Общая площадь составляет около 16410,5 км². Климат Пекина с четырьмя четко выраженными сезонами: жаркое и дождливое лето, холодная и сухая зима, а также короткие весна и осень. Из-за резкого увеличения населения и изменений подстилающей поверхности в последние годы разница температур между пригородами Пекина увеличилась, что напрямую влияет на эффект острова тепла. Постоянное население по данным за 2020 год составляло 21,9 млн. человек.

Чжан Цзюньчжи, Лян Яньань и др. [16], основываясь на ежедневных данных о температуре в Пекине с 1981 по 2020 год, использовали анализ линейной регрессии, интерполяцию Кригинга и другие методы для анализа характеристик пространственно-временного изменения эффекта острова

тепла в Пекине. После анализа метеорологических факторов, таких как экстремальная максимальная температура и скорость ветра, а также таких факторов, как плотность населения и площадь землепользования, влияющих на эффект городского острова тепла, были сделаны следующие выводы.

С 1981 по 2020 год среднегодовая температура в городских и пригородных районах Пекина имеет одинаковую тенденцию изменения, причем оба демонстрируют тенденцию к повышению. Однако скорость повышения температуры в городских районах выше, чем в пригородных районах. УНІ в Пекине имеет тенденцию к повышению. Скорость увеличивается на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пекин способствует образованию островов тепла зимой с самым высоким УНІ. Среди четырех сезонов наибольший рост УНІ наблюдается осенью со скоростью изменения $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Характеристики пространственного распределения УНІ в Пекине очевидны, а масштабы островов тепла постепенно расширяются. В районах Чаоян и Тунчжоу наблюдаются очевидные тенденции к потеплению. Интенсивность острова тепла значительно возросла с 2000 года. Основными факторами, влияющими на интенсивность острова тепла в Пекине, являются плотность населения, площади под застройку, среднее давление воздуха, средняя скорость ветра и площадь обрабатываемых земель. Среди них плотность населения, площади под застройку и среднее атмосферное давление вносят положительный вклад в увеличение УНІ, в то время как средняя скорость ветра и обрабатываемые земли вносят отрицательный вклад и смягчают эффект УНІ. В условиях ускоренной эволюции урбанизации баланс городского развития и экологии окружающей среды является важной частью процесса городского планирования. Местные метеорологические факторы, изменения плотности населения и изменения в землепользовании - все это оказывает определенное влияние на эффект городского острова тепла в Пекине. В процессе городского развития и строительства следует контролировать плотность населения, масштабы, структуру и пространственную планировку городских земель, чтобы уменьшить распространение эффекта городского острова тепла.

На основе долгосрочных метеорологических данных Гэ Жунфэн, Чжан Лисяо [12] и другие проанализировали меняющиеся характеристики и периодичность эффекта острова тепла в процессе урбанизации в Пекине после реформы и открытости. Учеными было установлено, что в 1992 году изменения интенсивности городского острова тепла в значительной степени связаны с процессом развития урбанизации. Сезонное распределение является наиболее сильным зимой при среднегодовом индексе УНІ в январе $3,87\text{ }^{\circ}\text{C}$, и самым слабым летом при среднегодовом индексе УНІ в июле $0,12\text{ }^{\circ}\text{C}$. До 2002 года индекс УНІ осенью в целом был ниже, чем весной. Существует типичный эффект обратного острова тепла выходного дня - среднегодовой

недельный индекс УНІ является самым высоким в воскресенье (1,71 °С) и самым низким - в понедельник (1,143 °С).

Наиболее урбанизированным городом страны является *Шанхай*, в котором по данным за 2020 год проживало 24,9 млн. чел. Ван Сяобан [11] использовал данные наблюдений с 11 районных метеорологических станций в Шанхае с августа 2016 г. по июль 2017 г. для анализа характеристик годовых вариаций и моделей суточных вариаций городского острова тепла Шанхая. Результаты показали, что интенсивность острова тепла максимальна весной в мае и осенью в октябре и достигает 1,3 °С. Среднегодовые суточные вариации городского острова тепла в Шанхае представляют собой многопиковую структуру с низкими уровнями в течение дня и высокими уровнями ночью. Скорость ветра в Шанхае имеет тенденцию снижения днем и ночью и отрицательно коррелирует с интенсивностью острова тепла.

Пэн Баофа и Ши Ишао [13] выявили механизм воздействия на эффект острова тепла по трем аспектам: 1) изменение масштаба и интенсивности землепользования; 2) изменение типа планировки; 3) изменение в методах землепользования. Результаты эмпирического анализа показали, что урбанизация земель является основным фактором, влияющим на интенсивность городского острова тепла в Шанхае. С точки зрения конкретного воздействия расширения застроенной площади на интенсивность острова тепла кумулятивный эффект превышает дополнительный эффект. Индустриализация, развитие строительства недвижимости и рост численности населения оказывает большое влияние на интенсивность городского острова тепла в Шанхае. С точки зрения конкретного влияния экономического развития и потребления энергии на интенсивность городского острова тепла, эффект плотности обычно превышает эффект масштаба. Различия в землепользовании и моделях городского развития приводят к пространственным различиям в эффекте городского острова тепла.

Гуанчжоу является центром провинции Гуандун, расположенной на юге материкового Китая, на северной окраине дельты Жемчужной реки. Здесь южный субтропический муссонный климат, теплый и влажный круглый год. Рельеф высокий на северо-востоке и низкий на юго-западе, через городскую территорию протекает Жемчужная река. Общая площадь города составляет 7434,4 км². На конец 2020 года постоянное население Гуанчжоу составляло 18,7 млн. человек.

Хуан Тилань, Лю Хуэйчжун [15] и другие использовали программное обеспечение ENVI и ARCGIS для моделирования эффекта городского острова тепла в Гуанчжоу. Установлено, что городские острова тепла в основном распространены в наиболее застроенных районах и центральных частях города. Интенсивность островов тепла в нецентральных районах пригородов относительно низкая с точки зрения типов землепользования.

Городские острова тепла в основном распространяются на землях под застройкой, включая жилые районы, коммерческие площади и транспортные зоны.

Ю Сяоцзе и Ли Цюн [17] взяли в качестве примера центральную городскую территорию Гуанчжоу, используя метод локального климатического районирования (LCZ). Результаты показывали, что район исследования разделен на зоны высокой плотности; жилые блоки теплового острова, промышленные блоки теплового острова, блоки теплового острова с высокой плотностью обслуживания и блоки теплового острова для сельского хозяйства. Плотность застройки, высокая доля промышленных земель, высокая доля непроницаемой поверхности и низкий растительный покров являются основными причинами сильного острова тепла в исследуемой зоне. При этом на основе пространственно-морфологических характеристик четырех типов типичных блоков острова тепла в сочетании с классификацией методов градостроительства предлагается дифференцированная пространственно-морфологическая стратегия управления снижением интенсивности острова тепла.

Шэньчжэнь является национальным экономическим центром и национальным инновационным городом. Расположенный на юге провинции Гуандун, на восточном берегу устья Жемчужной реки, он имеет субтропический муссонный климат с продолжительным летом и короткой зимой, достаточным количеством солнечного света и обильными дождями. Общая площадь составляет 1997 км². На конец 2020 года постоянное население Шэньчжэня составляло 17,49 млн. человек.

Пан Цзюнь, Хуан Цзяю и др. [14] использовали данные о температуре Шэньчжэньской обсерватории и использовали методы анализа кумулятивных аномалий и тенденций линейного тренда для изучения межгодовых, сезонных и ежемесячных изменений эффекта острова тепла в Шэньчжэне. Результаты показали, что основными причинами формирования островов тепла являются более широкое использование кондиционеров в Шэньчжэне летом и различия в тепловых свойствах моря и суши. Кроме того, в Шэньчжэне нет проблемы сжигания угля для отопления зимой. Август, июль и апрель - месяцы с наибольшей интенсивностью острова тепла в Шэньчжэне, а январь и декабрь - наименьшей, что согласуется с соответствующими сезонными характеристиками: максимум летом и минимум зимой.

Заключение. Проведенный анализ литературы позволил выявить основные причины образования городских островов тепла в крупных городах Китая. К основным из них можно изменения городской подстилающей поверхности; увеличение городской застройки и плотности высокоэтаж-

ной застройки; увеличение антропогенного тепла; увеличивающиеся масштабы городов и изменение пространственной структуры. Местные погодные условия в Пекине в целом подчиняются закону эффекта городского острова тепла, который наиболее силен зимой и слабее летом. В Шанхае, Гуанчжоу и Шэньчжэне из-за различий в местных погодных условиях и образе жизни городских жителей, вызванных географическим положением, эффект городского острова тепла летом выше. Между островами тепла и влияющими факторами не существует простой линейной зависимости.

Библиографические ссылки

1. *Besir A. B., Cuce E.* Green roofs and facades: A comprehensive review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. № 82. P. 915–939.
2. *Balling R. C., Gober P., Jones N.* Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intraurban analysis of Phoenix, Arizona // *Water Resources Research*, 2008. № 44. P. 1–11.
3. Urban heat islands in China enhanced by haze pollution / Cao C. [et al.] // *Nature Communications*, 2016. № 7. P. 12509.
4. Application of split-window algorithm to study Urban Heat Island effect in Mumbai through land surface temperature approach / Dwivedi [et al.] // *Sustainable Cities and Society*, 2018. № 41. P. 865–877.
5. *Howard L.* Climate of London deduced from metrological observations. M: London : Harvey and Dorton Press (3rd edition. 1833.). № 1. P. 348.
6. *Manley G.* On the frequency of snowfall in metropolitan England // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1958. P. 76 – 87.
7. Avoided climate impacts of urban and rural heat and cold waves over the US using large climate model ensembles for RCP8.5 and RCP4.5 / Oleson K. [et al.] // *Climatic Change*, 2018. № 146. P. 377–392.
8. Spatial-temporal change of land surface temperature across 285 cities in China: An urban-rural contrast perspective / Peng J. [et al.] // *Science of the Total Environment*, 2018. № 635. P. 487–497.
9. *Stewart I. D.* A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature // *International Journal of Climatology*, 2011. № 31. P. 200–217.
10. *Santamouris M.* Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact synergies with the global climate change // *Energy and Buildings*, 2020. № 207. P. 109482.
11. 王孝邦. 上海城市热岛效应及风对其影响的研究 // *建筑热能通风空调*, 2019 年. 第 38 期. 第 23-26 页.
12. Ван С. Исследование эффекта городского острова тепла и воздействия ветра // *Теплоэнергетическая вентиляция и кондиционирование воздуха*, 2019. № 38. С. 23 - 26.
13. 葛荣凤, 张力小, 王京丽, 田光进, 冯悦怡. 城市热岛效应的多尺度变化特征及其周期分析—以北京市为例 // *北京师范大学学报 (自然科学版)*. 2016 年. 第 52 期. 第 210-215 页.

14. Характеристики многомасштабных изменений и периодический анализ эффекта городского острова тепла - на примере Пекина / Ж. Гэ [и др.] // Журнал Пекинского педагогического университета (издание Natural Science), 2016. № 52. С. 210 - 215.
15. 彭保发, 石忆邵, 王贺封, 王亚力. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律—以上海市为例, 2013 年. 第 11 期. 第 1461-1471 页.
16. Пэн Б., Ши И., Ван Х., Ван Я. Механизм воздействия и правила действия эффекта городского острова тепла на примере Шанхая, 2013. № 11. С. 1461-1471.
17. 潘军, 黄嘉, 杨洁. 深圳城市热岛效应及其与香港对比分析 // 科技创新导报, 2014 年. 第 4 期. 第 210-214 页.
18. Пань Ц., Хуан Ц., Ян Ц. Эффект городского острова тепла и его сравнительный анализ с Гонконгом // Вестник науки и технологий, 2014. № 4. С. 210-214.
19. 黄铁兰, 刘慧忠, 柯锦灿. 基于 LandsatTM 卫星数据的广州城市热岛效应特征研究 // 北京测绘, 2018 年. 第 32 期. 第 891-896 页.
20. Хуан Т., Лю Х., Кэ Ц. Исследование характеристик городского эффекта острова тепла в Гуанчжоу на основе спутниковых данных LandsatTM // Геодезия и картографирование Пекина, 2018. № 32. С. 891-896.
21. 张君枝, 梁雅楠, 王冀, 张金玲. 1981-2020 年北京城市热岛效应时空特征及其影响因素分析 // 大气科学学报, 2024 年. 第 47 期. 第 581-591 页.
22. Анализ пространственно-временных характеристик и влияющих факторов эффекта городского острова тепла в Пекине с 1981 по 2020 годы / Ц. Чжан [и др.] // Журнал атмосферных наук, 2024. № 47. С. 581-591.
23. 游晓婕, 李琼. 城市热岛空间格局及形态差异化调控策略研究—以广州市中心城区为例 // 风景园林, 2021 年. 第 28 期. 第 74-79 页.
24. Ю. С., Ли Ц. Исследование пространственной структуры и стратегии управления морфологической дифференциацией городских островов тепла на примере центрального города Гуанчжоу // Ландшафтная архитектура, 2021. № 28. С. 74-79.