

Влияние урбанизации на микроклимат города

И.В. Гиясова

Московский государственный строительный университет

Аннотация: Современная урбанизация, характеризующаяся ростом плотности, создает новые возможности для социально-экономического развития общества. Однако городская застройка изменяет природный рельеф: увеличивает шероховатость подстилающей поверхности (например, формирует котловинные условия на фоне равнинного рельефа), включает множество вертикальных поверхностей, создает пересеченную местность. Формируются такие воздействия, как городская жара и сухие острова, изменение скорости осадков, частоты и интенсивности. Тепловые режимы городов различны в пределах самого города, и исследование диверсификации внутригородского микроклимата имеет чрезвычайное значение для выявления наиболее критических условий для благополучия граждан и оценки реальной потребности зданий в энергии. Современный подход к моделированию микроклимата города - это комплексный многоуровневый и системный подход, так как проблема оптимизации микроклимата городского пространства многомерна и на разных уровнях ее формирования себя проявляют различные факторы.

Ключевые слова: микроклимат города; плотность городской застройки; экология; солнечная радиация; аэрационный режим; температурный режим; городской остров тепла; скорость ветра; здание; урбанизация.

Современная урбанизация, характеризующаяся ростом плотности, создает новые возможности для социально-экономического развития общества. Возникают и развиваются все более сложные городские системы, которые видоизменяясь, в своём развитии и росте оказывают влияние на городской микроклимат. При этом формируются динамические, т.е. изменяющиеся вслед за структурой городской системы, экологические, метеорологические факторы.

Современные исследования показывают на тесную взаимосвязь между географическими особенностями, температурой воздуха и городским развитием; решают задачи, связанные с влиянием плотности застройки на распределение воздушных потоков в урбанистике; рассматривают вопрос дисперсии загрязняющих веществ в городских моделях высокой плотности с различными плотностями застройки и вариациями высот, вопросы теплового отклика зданий и формирования городского теплового острова, оценки

влияния растений, природных и искусственных водоёмов на микроклимат в городской среде [1-3].

Городская застройка изменяет природный рельеф: увеличивает шероховатость подстилающей поверхности (например, формирует котловинные условия на фоне равнинного рельефа), включает множество вертикальных поверхностей, создает пересеченную местность. Формируются такие воздействия, как городская жара и сухие острова, изменение скорости осадков, частоты и интенсивности [4].

В условиях более сложной геометрии городской среды формируются участки с эффектами затенения, которые сокращают время инсоляции в течение дня. При этом понижается коэффициент обзора неба, что ограничивает радиационное охлаждение неба [5]. Окружающие здания существенно изменяют воздушные потоки и перенаправляют их. В крупных городах температура воздуха в течение всего года на несколько градусов выше, чем на прилегающих территориях. Формируются острова тепла, которые как известно характеризуются повышенными, по сравнению с периферией, температурами воздуха. Центр островов тепла сдвинут от центра города в сторону, куда направлены преобладающие ветры.

Городские острова тепла и тепловые волны серьёзно влияют на качество жизни людей: с одной стороны, эти явления, изменяя окружающую среду, воздействуют на здоровье, с другой стороны, создают серьёзные проблемы для строительного проектирования при решении вопросов увеличения потребления энергии для охлаждения и ухудшая тепловую среду внутри помещений [6].

Тепловые режимы городов различны в пределах самого города, и исследование диверсификации внутригородского микроклимата имеет чрезвычайное значение для выявления наиболее критических условий для благополучия граждан и оценки реальной потребности зданий в энергии [7].

Представленная на рис. 1 модель демонстрирует комплексный многоуровневый и системный подход к изучению вопросов формирования микроклимата города. Проблема оптимизации микроклимата городского пространства многомерна, так как на разных уровнях ее формирования (мезо-уровень, уровень района, уровень микрорайона, на уровень здания) себя проявляют различные факторы.



Рис. 1. – Уровни формирования микроклимата города

Предложенная в работе [8] многомасштабная система моделирования городского климата объединяет мезомасштабное, локальное, микромасштабное и масштабное моделирование зданий. Модель указывает на необходимость усиления связи между зданием и микроклиматом, позволяет количественно оценить эффективность мер по смягчению последствий городских островов тепла, оценивает влияние местного климата на потребность зданий в энергии и влияние систем кондиционирования воздуха, выделяющих тепло, на местный климат. Очевидна необходимость учёта

влияния городских островов тепла при выборе конструктивных решений зданий и выборе материалов.

Основными мезомасштабными климатообразующими факторами региона являются: солнечная радиация (свет, тепло, ультрафиолет); атмосферная циркуляция (скорость, направление ветра, наличие атмосферных фронтов); ландшафтные особенности территории (поток солнечной радиации, тепловой режим приземного слоя воздуха, режим ветра и влажности воздуха).

Факторами, формирующими локальный климат города являются: прямые выбросы тепла и изменение режима солнечной радиации; пылегазовые выбросы промышленных предприятий и транспорта; изменения теплового баланса за счет уменьшения испарения; пересеченность местности, создаваемая городской застройкой.

Микроклимат микрорайона/улицы формируют: городская застройка (плотность, этажность); теплоемкость и отражательная способность элементов городской застройки (стен зданий, крыш, дорог, мостовых); распределение зеленых насаждений; естественные и искусственные водоемы. Однако, такие параметры как скорость ветра, относительная влажность, альbedo, солнечная инсоляция, эффект городского каньона, эффект уличного каньона, и их зависимости или влияние друг на друга изучаются в очень ограниченной степени [9]. В работе [10] подчеркивается, что в методологиях оценки микроклимата города в настоящий момент есть довольно существенные достижения, но реализация основных выводов для улучшения городского планирования не рассматривается должным образом.

В строительном секторе все большее значение приобретают инициативы по строительству зданий с почти нулевым потреблением энергии, направленные на решение проблемы изменения климата и снижение потребления энергии. Для достижения этой цели от разработчиков требуются

все большие усилия, а энергоаудиты становятся все более сложными. Тем не менее, энергетические модели зданий по-прежнему используются, при этом часто не учитывают морфологию города и местные климатические условия.

Городские острова тепла представляют собой серьезную проблему для общественного здравоохранения, одним из возможных способов смягчения которой могут выступать водные пространства. В настоящий момент вопросы теплового воздействия статических водных пространств на городской микроклимат недостаточно изучены. Анализ литературы показывает, что существует явный пробел в знаниях относительно физической интерпретации вклада водных объектов в городской микроклимат [11].

Проблему городского перегрева также предлагается решать путём реализации концепции «здание с нулевым нагревом» или «здание с нейтральным микроклиматом», исходя из его энергоэффективности, сокращения выбросов углерода и улучшения качества внутреннего микроклимата помещений.

Микроклимат города формируется также под влиянием аэродинамических потоков, перераспределение которых возможно в том числе в зависимости от плотности застройки. Воздухопроницаемость города относится к процессу воздухообмена между потоками над и внутри слоев городского навеса и потоком внутри навеса. Большая плотность застройки зданий обеспечивает меньшую скорость воздухообмена, что снижает способность города "дышать".

Большое значение для регулирования температурного режима в городских островах тепла в условиях плотной застройки имеет использование зеленых насаждений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что потенциал деревьев по охлаждению температуры окружающего воздуха и регулированию энергетических потребностей зданий

в охлаждении в основном связан с радиационным затенением и соответствующим снижением прироста солнечного тепла открытых фасадов зданий.

Увеличение лесного покрова в городах является часто предлагаемой стратегией смягчения последствий городской жары, поскольку ожидается, что деревья будут охлаждать города за счет эвапотранспирации и создания тени. Однако деревья также изменяют поток ветра и городскую аэродинамическую ситуацию, что потенциально может ограничивать рассеивание тепла.

Все вышеприведённые факторы, влияющие на формирование микроклимата городской среды, необходимо учитывать при реализации принципов проектирования и зонирования для достижения желаемых результатов (рис. 2).



Рис. 2. – Формирование микроклимата города

Исследования показывают, что стратегии снижения теплового воздействия могут быть встроены как на этапе проектирования, так и в систему регулирования. Используя больше научных подходов, дизайнеры и проектировщики могут оптимизировать дизайн участка, включая форму здания, уличную геометрию и стандарты ландшафтного дизайна, чтобы уменьшить городскую жару.

Надлежащая физическая форма городских улиц может способствовать повышению устойчивости городов, в частности, путем улучшения городского микроклимата. Безопасность и комфортность городской среды достигается за счет сокращения потребления энергии и связанных с ней выбросов парниковых газов, повышения социального капитала, улучшения здоровья и благосостояния населения, а также содействия быстрому и эффективному реагированию на чрезвычайные ситуации после стихийных бедствий.

Влияние плотности застройки на температуру поверхности земли и ее пространственные особенности остаются малоизученными. Так, например, исследования, выполненные для 21 города Китая, показывают, что влияние плотности застройки на температуру поверхности земли было более значительным в районах с сухим климатом по сравнению с влажным климатом. Влияние пространственной дисперсии и различных градостроительных детерминант предполагает, что городское проектирование и планирование с учетом климата необходимо осуществлять на основе стандартов разработанных для разных климатических зон.

В статье выполнен анализ современных исследований по проблеме микроклимата города с целью обобщения основных факторов, влияющих на формирование микроклиматических условий городской среды.

Основными факторами, влияющими на формирование микроклиматических условий городской среды являются не только

географические особенности городов, но и плотность застройки, экологическая ситуация, тепловой отклик зданий, влияние растений и водоёмов.

Современный подход к моделированию микроклимата города это комплексный многоуровневый и системный подход, так как проблема оптимизации микроклимата городского пространства многомерна и на разных уровнях ее формирования проявляют себя различные факторы.

Отмечено недостаточное практическое внедрение уже наработанных результатов исследований в проектной деятельности и необходимость разработки стандартов по формированию микроклимата городов.

Литература

1. Гиясов А. Тепло-ветровой режим городского каньона, взаимосвязь его с воздушной средой помещений // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4737/.

2. Волков А.А., Гиясов Б.И., Челышков П.Д., Седов А.В., Стригин Б.С. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергетической эффективности // Научно-технический вестник Поволжья. 2014, № 6, с.111-114.

3. Самарин О.Д. Нормирование энергопотребления здания с учетом теплопоступлений от солнечной радиации. // Жилищное строительство. 2013, № 1, с. 32 – 33.

4. Bherwani, H., Singh, A., & Kumar, R. Assessment methods of urban microclimate and its parameters: A critical review to take the research from lab to land // Urban Climate, 2020, № 34. URL: doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100690

5. Lauzet, N., Rodler, A., Musy, M., Azam, M.-H., Guernouti, S., Mauree, D., & Colinart, T. How building energy models take the local climate into

account in an urban context – A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2019, № 116 URL: doi.org/10.1016/j.rser.2019.109390

6. Zinzi, M., Agnoli, S., Burattini, C., & Mattoni, B. On the thermal response of buildings under the synergic effect of heat waves and urban heat island // *Solar Energy*, 2020, № 211, 1270–1282 URL: doi.org/10.1016/j.solener.2020.10.050

7. Carpio, M., González, A., González, M., Verichev, K. Influence of pavements on the urban heat island phenomenon: A scientific evolution analysis // *Energy and Buildings*, 2020, № 226. URL: doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110379

8. Wong, N. H., He, Y., Nguyen, N. S., Raghavan, S. V., Martin, M., Hii, D. J. C. ... Deng, J. An integrated multiscale urban microclimate model for the urban thermal environment // *Urban Climate*, 2021, № 35. URL: doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100730

9. Bherwani, H., Singh, A., & Kumar, R. Assessment methods of urban microclimate and its parameters: A critical review to take the research from lab to land // *Urban Climate*, 2020, № 34. URL: doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100690

10. Boccalatte, A., Fossa, M., Gaillard, L., & Menezo, C. Microclimate and Urban Morphology Effects on Building Energy Demand in Different European Cities // *Energy and Buildings*, 2020. URL: doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110129

11. Ampatzidis, P., & Kershaw, T. A review of the impact of blue space on the urban microclimate // *Science of The Total Environment*, 2020, № 730. URL: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139068

References

1. Giyasov A. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4737/.



2. Volkov A.A., Gijasov B.I., Chelyshkov P.D., Sedov A.V., Strigin B.S. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja. 2014, № 6, p.111-114.
3. Samarin O.D. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2013, № 1, pp. 32 – 33.
4. Bherwani H, Singh A, and Kumar R Urban Climate 2020, № 34. 100690 doi:10.1016/j.uclim.2020.100690
5. Lauzet, N., Rodler, A., Musy, M., Azam, M.-H., Guernouti, S., Mauree, D., & Colinart, T. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019, № 116. URL: doi.org/10.1016/j.rser.2019.109390
6. Zinzi M, Agnoli S, Burattini C. and Mattoni B Solar Energy 2020, № 211. 1270–1282. URL: doi.org/10.1016/j.solener.2020.10.050
7. Carpio M, González A, González M, and Verichev K Energy and Buildings 2020, № 226 URL: doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110379
8. Wong N. H, He Y., Nguyen N. S., Raghavan S V, Martin M, Hii D. J. C, and Deng J. Urban Climate 2021, № 35 URL: doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100730
9. Bherwani H, Singh A, and Kumar R. Urban Climate 2020, № 34. URL: doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100690
10. Boccalatte A, Fossa M, Gaillard L, and Menezo C. Energy and Buildings 2020 URL: doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110129
11. Ampatzidis P, and Kershaw T. Science of The Total Environment 2020, № 730 URL: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139068