

УДК 504.75

## РОЛЬ УРБАНИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ЭКОЛОГИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Гиясов Б.И.<sup>1</sup>, Шунько А.А.<sup>2</sup>, Бондаренко В.-А.А.<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское шоссе, 26;

<sup>2</sup>e-mail: [natshunko@rambler.ru](mailto:natshunko@rambler.ru)

**Аннотация:** ухудшение экологии в современных мегаполисах представляет собой одну из наиболее актуальных проблем нашего времени. Рост численности населения городов, способствующее стремительному развитию городских территорий и активным развитием промышленности существенно изменили природную среду, что привело к загрязнению городской среды. Кроме того, особенности городской инфраструктуры, такие как высокая плотность застройки, преобладание асфальтированных и бетонных поверхностей, недостаток зелёных зон, а также тепловые выбросы от транспорта, промышленных предприятий и систем отопления, способствуют формированию явления, известного как «тепловой остров города». В рамках данной работы исследуются основные экологические вызовы, с которыми сталкиваются мегаполисы, и анализируются ключевые факторы, влияющие на состояние городской экосистемы. Особое внимание уделено изучению воздействия солнечной радиации на микроклимат и качество воздушной среды.

**Ключевые слова:** экология, городская среда, плотная застройка, мегаполис, конвективные потоки, воздухообмен, альbedo, воздушный бассейн, энергопотребление, теплопотери.

### ВВЕДЕНИЕ

Современным крупным городам и мегаполисам характерны множество экологических проблем, такие как загрязнение атмосферы, изменения климата и истощение природных ресурсов. Урбанизация и активный экономический рост, способствует развитию городских территорий и оказывает значительное воздействие на экологический баланс городов. Среди наиболее значимых проблем можно выделить загрязнение атмосферы, которое связано с выбросами вредных веществ от автомобилей, промышленных предприятий и бытовых источников. Загрязнение воздуха не только ухудшает качество жизни людей, но и оказывает разрушительное воздействие на окружающую среду, способствуя глобальному изменению климата. Изменения климата, в свою очередь, приводят к экстремальным погодным условиям, таким как сильные дожди, наводнения, засухи и аномальная жара, что создает дополнительные трудности для городов и их жителей.

Кроме того, урбанизация сопровождается строительством новых жилых, коммерческих и промышленных объектов, что требует все большего количества природных материалов и приводит к нарушению экологического баланса. Расширение городских территорий нередко связано с вырубкой лесов, загрязнением водоемов и деградацией почв, что также усугубляет экологическую ситуацию.

Активный экономический рост и развитие городских территорий, безусловно, способствуют повышению уровня жизни населения, созданию новых рабочих мест и улучшению инфраструктуры. Однако такое развитие оказывает значительное воздействие на окружающую среду, в связи с ростом численности населения.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Увеличение численности городского населения усиливает антропогенное давление на инфраструктуру мегаполисов, что приводит к росту потребления энергоресурсов и выбросу большого объема загрязняющих веществ в окружающую среду [1,2].

Здания, являясь основными элементами городской среды, активно потребляют энергоресурсы и значительно влияют на загрязнение экологии окружающей среды. Согласно данным Международного энергетического агентства (IEA), здания потребляют около 30% мировой энергии, вследствие чего, примерно 28% углекислого газа выбрасывается ими в окружающую среду. Сокращение использования энергетических ресурсов в городской инфраструктуре, включая здания и сооружения, способствует снижению выбросов вредных веществ, таких как оксиды азота и серы, что оказывает положительное влияние на экологическую обстановку.

В результате улучшается качество воздуха в городских районах, что благоприятно отражается на здоровье населения.

На изображении 1 [3] показано, как распределяется энергопотребление между различными отраслями в странах Европы.

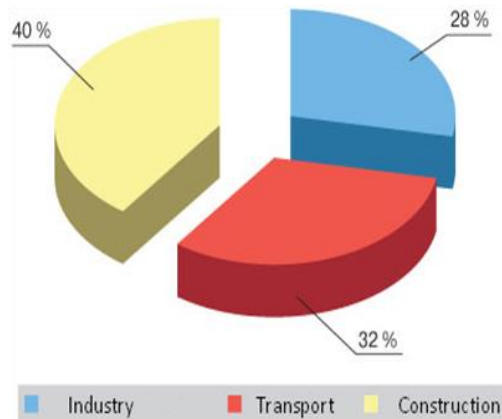


Рис. 1. Потребление энергии по отраслям

Энергия, необходимая для отопления, охлаждения, освещения и других нужд в зданиях современных мегаполисов, в основном поступает из традиционных энергетических ресурсов. В то же время, на отопление жилых домов приходится около 50% общего расхода энергии. Уменьшение теплопотерь и использование современных энергоэффективных технологий в строительстве являются действенными способами сокращения расходов на отопление, что одновременно способствует улучшению экологической обстановки. Поэтому повышение энергоэффективности построек становится еще одним важным фактором в улучшении экологической ситуации в городах.

Уровень энергопотребления современных городских зданий определяется климатическими особенностями местности, в которой они находятся. Климатические условия города формируются под влиянием его географического расположения.

Географическое положение напрямую влияет на климатические условия, в которых находятся города. Природные явления, связанные с макроклиматом, мезоклиматом и микроклиматом, характерны для крупных регионов, мегаполисов и урбанизированных территорий.

Природные явления, отражающие климатические особенности обширных географических регионов, принято относить к категории макроклиматических. Примером таких явлений могут служить климатические условия, характерные для Сибири, республик Закавказья и Центральной Азии. Влияние человека на макроклиматические процессы крайне ограничено, и управлять ими невозможно.

Мезоклиматические явления, в свою очередь, охватывают климатические особенности, присущие более локализованным территориям, таким как города. Возводя высотные здания, создавая искусственные покрытия и мощёные территории, человек способен оказывать воздействие на мезоклимат, изменяя его параметры.

Что касается микроклиматических явлений, то они проявляются на ещё меньших масштабах - на уровне отдельных улиц, дворовых пространств или помещений. Эти процессы поддаются регулированию и управлению, что позволяет адаптировать их под нужды человека.

Микроклиматические явления играют ключевую роль не только в формировании природно-климатических характеристик конкретной местности, но и в улучшении экологической обстановки в зонах, где осуществляется жизнедеятельность человека [4, 5].

Таким образом, территориям городского пространства характерны микроклиматические явления, которые имеют очаговый характер своего возникновения и являются регулируемым и управляемым.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях стремительного роста численности населения городов активно развивается плотность городской застройки и транспортных потоков.

В результате этого, микроклиматические условия климата и воздухообмен городских территорий подвергаются значительным изменениям. На территориях городов-миллионников с плотной высотной застройкой формируются обширные зоны с концентрацией загрязняющих выбросов и застоями воздушных масс. По данным Федеральной службы государственной статистики по состоянию на 2023 год в России выделены 16 городов-миллионников (рисунок 2).

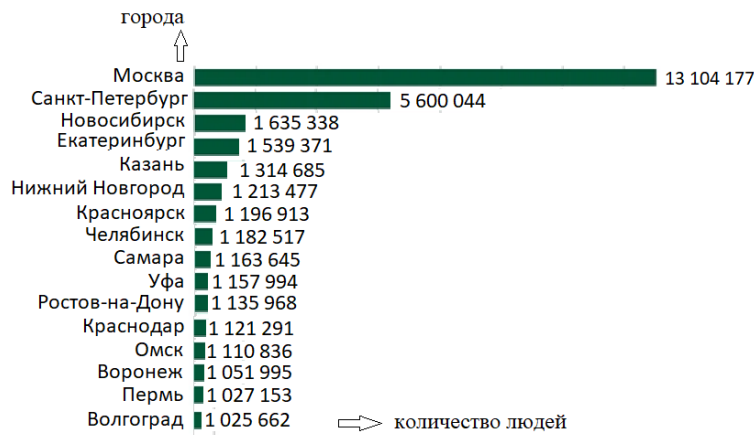


Рис. 2. Города-миллионники в России

В этих городах современные районы с плотной застройкой становятся источником множества проблем, включая загрязнение воздуха и повышенный уровень шума, что негативно сказывается на здоровье жителей. Более того, такие урбанизированные территории, поглощая солнечное излучение, накапливают тепло, а в сочетании с высокой концентрацией вредных веществ в атмосфере способствуют формированию так называемого «теплового острова» в городской среде (рисунок 3) [6].



Рис. 3. Городской остров тепла

Возникновение «острова тепла» связано с включением в городскую архитектуру огромного количества элементов, сохраняющих тепло, таких как бетон, асфальт, металлы, стекло и другие. Из-за чего в крупных городах уменьшается альбеда (таблица 1) [6], что приводит в условиях плотной застройки к более интенсивному по сравнению с незастроенными территориями поглощению солнечной радиации, накоплению конструкциями зданий и сооружений поглощенного днем тепла с его отдачей в атмосферу в вечерние и ночные часы.

Таблица 1.

Тип поверхности и соответствующее значение альбеда

№	Вид поверхности	Значение альбеда
1	Асфальт	0,05-0,20
2	Бетон	0,10-0,35
3	Метал	0,10-0,15
4	Стекло	0,75-0,90
5	Газон	0,25-0,30
6	Почва	0,10-0,30

Вследствие формирования «острова тепла» в городских территориях наблюдается повышение температуры и увеличение озона в приземном слое атмосферы. Плотная городская застройка

усугубляет воздухообмен и способствует концентрации выбросов транспортных средств и теплоэлектростанций в воздушном бассейне жилых территорий. Вследствие сжигания угля и нефти выделяется газ - диоксид серы, который приводит к загрязнению не только воздушного бассейна, но и рек и почвы. При этом, возникающий в городских территориях «остров тепла» изменяя микроклимат и воздухообмен ухудшает качество воздуха, что может вызывать у горожан различные заболевания дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Таким образом, градостроительные, природно-климатические и антропогенные факторы можно отнести к основным факторам, формирующим экологию воздушного бассейна городских территорий.

Одним из способов улучшения экологии воздушного бассейна территорий является обеспечение необходимого воздухообмена. В плотнозастроенных междомовых территориях современных городов образуются замкнутые пространства, где нарушен аэрационный режим. В жаркое время года, под воздействием солнечной радиации, эти пространства накапливают тепло и при отсутствии воздухообмена создают неблагоприятные микроклиматические условия. Кроме того, здесь формируются устойчивые зоны с концентрацией загрязняющих веществ. С другой стороны, при неравномерном нагреве различных участков городской территории создаются градиенты давления и формируются движение воздушных масс, которые могут обеспечить воздухообмен.

### ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Для исследования этих процессов, был проведен анализ дворовой территории в городе Королев в июле месяце и проведен графоаналитический метод исследования. В результате проведенного исследования и анализа полученных данных была создана модель, описывающая процесс формирования воздушных потоков термического происхождения под воздействием инсоляции (рисунок 4).

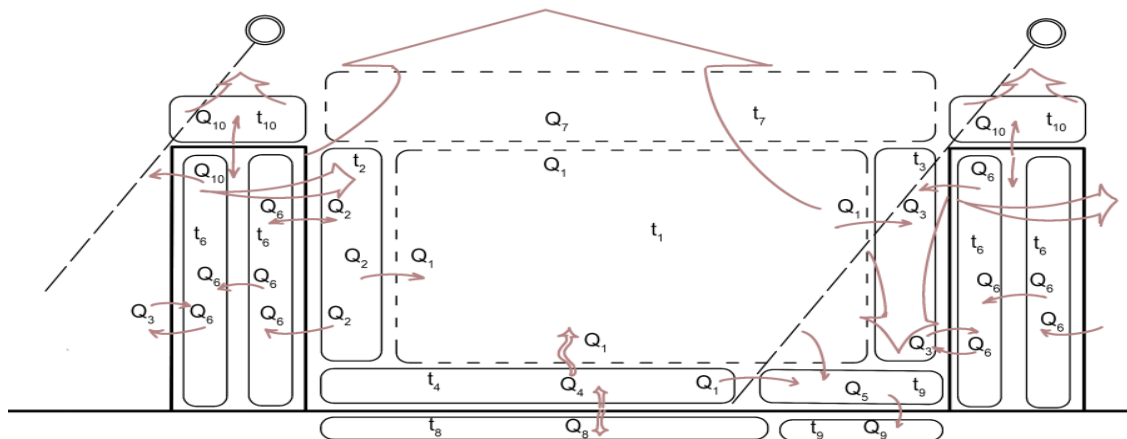


Рис. 4. Модель образования конвективных воздушных потоков в пределах дворового пространства

Анализ климатических и микроклиматических условий дворового пространства показал, что в дневные часы наблюдается высокая интенсивность солнечного излучения, достигающая  $610 \text{ Вт/м}^2$  на вертикальных поверхностях и  $840 \text{ Вт/м}^2$  на горизонтальных. Кроме того, фиксируются повышенные температуры воздуха, с абсолютными максимумами до  $30^\circ\text{C}$ , а также слабые ветровые потоки ( $1-3 \text{ м/с}$ ) или полное их отсутствие в виде штиля. Планировочные факторы застройки формируют неблагоприятные аэродинамические условия. На обжитых замкнутых жилых территориях в ветреные часы наблюдается снижение скорости ветра на  $60-70\%$ , а в маловетренные часы формируются штилевые условия со скоростью воздушных масс всего до  $2 \text{ м/с}$ . При таких условиях важную роль в воздухообмене территорий могут играть конвективные воздушные потоки, формирующиеся под воздействием солнечной радиации, скорость которых может достигать до  $10 \text{ м/с}$ . Такие конвективные потоки улучшают аэрацию междомовых пространств и могут играть важную роль в улучшении экологии воздушного бассейна городских территорий [7-8].

Таким образом, в современной городской застройке солнечная радиация может не только увеличивать экологическую нагрузку, но и создавать благоприятные условия для формирования

воздушных потоков термического происхождения и улучшать воздухообмен замкнутых междомовых территорий. Важную роль в движении воздушных потоков термического происхождения играет условие озеленения дворовых территорий. Исследования дали возможность смоделировать формирование воздушных конвективных потоков дворового пространства при разных условиях озеленения (рисунок 5).

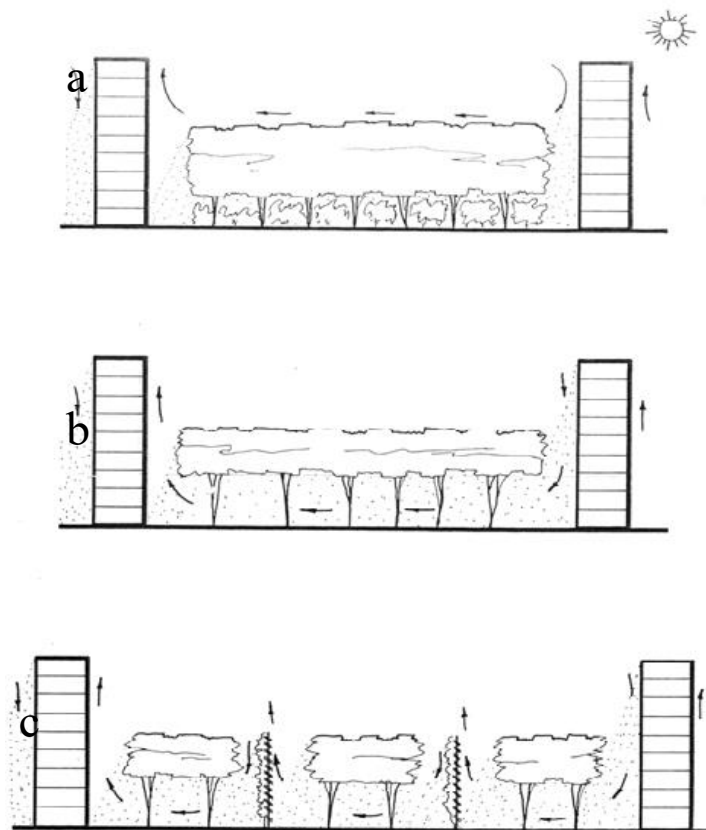


Рис. 5. Влияние типа озеленения дворовой территории на формирование воздушных потоков  
 а - озеленение с низким штамбом и крупной кроной; б - озеленение с высоким штамбом и крупной кроной;  
 с - разделение обширного пространства двора с помощью жалюзийных стенок

### ВЫВОДЫ

Представленные модели наглядно иллюстрируют, что мероприятия, направленные на озеленение и благоустройство территорий между зданиями, оказывают существенное влияние на формирование локальных метеорологических процессов, включая воздушную циркуляцию, вызванную температурными контрастами. Эти явления играют важнейшую роль в создании благоприятных микроклиматических условий и в улучшении экологической ситуации в городской среде. Возникающая при этом локальная циркуляция способствует сложным процессам переноса и рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, что положительно отражается на состоянии окружающей среды.

В результате можно выделить следующие основные признаки формирования локальной циркуляции воздуха в дворовых пространствах:

- формирование под влиянием инсоляции разности температур между соседними поверхностями застройки, а также между воздушными слоями у поверхностей;
- образование двух воздушных слоев, в которых направление ветра при переходе из одного слоя в другой может резко изменяться, вплоть до противоположного ( $180^\circ$ );
- появление температурной инверсии в переходном слое, сопровождающееся снижением скорости ветра.

Таким образом, для обеспечения естественного воздухообмена городской среды, необходимо учитывать влияние солнечной радиации на деятельную поверхность городской застройки.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В итоге можно отметить, что крупнейшим городам и мегаполисам характерна современная

плотно застроенная территория, которая формирует особые микроклиматические условия с экстремальной экологией.

В процессе развития городских территорий, растет население городов и интенсивность транспортного движения. Активная хозяйственная деятельность, связанная с ростом населения, увеличивает антропогенную нагрузку. Плотная высотная застройка нарушает аэрацию городской среды и способствует концентрации загрязняющих выбросов в воздушный бассейн из-за недостатка воздухообмена. Под влиянием солнечной радиации в дворовых территориях, могут возникать конвективные потоки термического происхождения, которые способны улучшить аэрационный режим.

Соответственно, представляется необходимым проводить оптимизацию планировки и озеленение территорий, осуществлять ориентацию зданий, относительно сторон света, с выбором материала фасадов и придомовых территорий, которые будут способствовать формированию конвективных потоков и улучшать воздухообмен городских построек, а также, вносить свой вклад в улучшение экологии городских территорий.

В качестве перспективы дальнейших исследований, следует выполнить несколько проектов новых микрорайонов и внедрить в практическое применение предложенные решения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сигора, Г.А. Проблема влияния урбанизации на качество жизни населения города Севастополя [Текст] / Г.А. Сигора, Л.А. Ничкова, Т.Ю. Смоленская // Экономика строительства и природопользования. – 2025. – № 1 (94). – С. 5-13.

2. Баденко, В.Л. Оценка теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на основе их технического состояния [Текст] / В.Л. Баденко, М.А. Шкильнюк // Экономика строительства и природопользования. – 2025. – № 1 (94). – С. 52-59.

3. Шойхет, Б.М. Концепция энергоэффективного здания [Текст] / Б.М. Шойхет. // Энергосбережение. – 2007. – № 7. – С. 62-66.

4. Pioppi, V. Wearable sensing techniques to understand pedestrian-level outdoor microclimate affecting heat related risk in urban parks [Text] / V. Pioppi, A.L. Pisello, P. Ramamurthy // Solar Energy. – 2021. – Volume 8. – Article 104626. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.076>.

5. Степанова, Н.В. Влияние комплекса метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха города [Текст] / Н.В. Степанова, А.П. Шлычков // Казанский медицинский журнал. – 2004. – Т. 4. – Вып. 5. – 380 с.

6. Ким, Д.А. Влияние городского острова тепла на микроклимат урбанизированного пространства [Текст] / Д.А. Ким // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 12. – DOI: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n12y2021/7470>.

7. Tovarović, J.Č. Renovation of existing glass facade in order to implement energy efficiency and media façade [Text] / J.Č. Tovarović, J. Ivanović-Šekularac, N. Šekularac // Energy and Buildings. – 2017. – № 152. – С. 653-666.

8. Малявина, Е.Г. Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях [Текст] / Е.Г. Малявина // АВОК. – 2008. – № 2. – С.12-14.

### THE ROLE OF URBANIZATION IN FORMING THE ECOLOGY OF THE URBAN ENVIRONMENT

<sup>1</sup>Giyasov B.I., <sup>2</sup>Shunko A.A., <sup>3</sup>Bondarenko V.-A.A.

<sup>1,2,3</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering

**Annotation.** The environmental situation in modern megacities is one of the most pressing and pressing issues of our time. Rapid urban Expansion, population growth, and the rapid development of the industrial sector have significantly altered the natural environment, leading to air, water, and soil pollution. Furthermore, urban infrastructure features such as high building density, the prevalence of asphalt and concrete surfaces, a lack of green spaces, and heat emissions from transport, industrial plants, and heating systems contribute to the phenomenon known as the "urban heat island." This paper examines the key environmental challenges facing megacities and analyzes the key factors influencing the state of the urban ecosystem. Particular attention is paid to the impact of solar radiation on the microclimate and air quality.

**Keywords:** ecology, urban environment, dense development, megalopolis, convective currents, air exchange, albedo, air basin, energy consumption, heat loss.