

## Инсоляция как фактор формирования экологии воздушной среды городов

Б.И. Гиясов<sup>1</sup>, Н.Ш. Джамолидинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный  
университет

<sup>2</sup>ООО «Домодедово Эрфилд»

**Аннотация:** Экология современных мегаполисов является одной из наиболее актуальных и острых тем современности. Стремительный рост городов, увеличение численности городского населения и развитие промышленности привели к значительным изменениям в окружающей среде. Загрязнение воздуха, воды и почвы, сокращение зеленых зон, шумовое и световое загрязнение являются неотъемлемой частью жизни крупных городов. Кроме того, из-за особенностей городской среды, таких как плотная застройка, использование асфальта и бетона, недостаток зелёных насаждений, а также выбросы тепла от транспорта, промышленности и систем отопления в городах формируется городской «остров тепла». В условиях урбанизации и глобального изменения климата вопросы экологической устойчивости приобретают первостепенное значение. Городской «остров тепла» оказывает значительное влияние на экологию воздушной среды и качество жизни в городах. В данной статье рассмотрены основные экологические проблемы современных мегаполисов, факторы, влияющие на экологию городских территорий. Проведен анализ влияния солнечной радиации на формирование микроклимата и экологию воздушного бассейна городов. Изучены условия возникновения воздушных потоков термического происхождения, которые способствуют улучшению аэрационного режима городских территорий.

**Ключевые слова:** Экология, городская территория, воздухообмен, конвективные потоки, инсоляция, аэрационный режим, плотная застройка, солнечная радиация, воздушный бассейн, микроклимат, остров тепла.

Стремительное экономическое развитие ведущих стран мира способствует увеличению числа крупных современных городов. Рост численности городского населения увеличивает спрос на гражданские здания и приводит к развитию плотнозастроенных городских пространств. В процессе активного развития городской застройки в крупных городах наблюдается увеличение температурных показателей воздуха, что оказывает негативное влияние на микроклимат городских территорий. Это приводит к возникновению экстремальных температур и усугубляет экологическую обстановку воздушного бассейна в центрах плотной застройки [1,2]. Кроме того,

загрязнение воздуха оказывает значительное влияние на здоровье населения и климат. Загрязнение воздушного бассейна городов представляя серьёзную угрозу для здоровья горожан, может вызывать острые и хронические заболевания, ухудшать качество жизни и сокращать её продолжительность [3]. Высокий уровень загрязнения воздуха наблюдается на территориях крупных городов [4]. В таблице 1 представлена экологическая ситуация воздушной среды в крупных городах России.

Из таблицы видно, что в крупных промышленных городах (Челябинск, Красноярск, Омск) уровень загрязнения воздуха значительно выше из-за выбросов от заводов и ТЭЦ. В мегаполисах (Москва, Санкт-Петербург) основным источником загрязнения является транспорт. Мегаполисы, как активно развивающиеся города, вызывают наибольший интерес трудоспособного населения для проживания и трудовой деятельности. В связи с этим, численность населения мегаполисов увеличивается стремительными темпами, что способствует росту жилых кварталов и общественно-деловых центров. В результате этого в мегаполисах появляются территории с плотной застройкой и современными высотными зданиями [5,6]. В условиях плотной застройки загрязняющие выбросы могут концентрироваться в дворовых пространствах. Кроме того, расположение зданий образующие замкнутые дворовые территории может препятствовать естественному воздухообмену, создавая участки с застоями воздуха.

Одним из важных факторов влияющих на микроклимат городских территорий и экологию воздушной среды является солнечная радиация [7,8].

Область плотной городской застройки, аккумулирует тепловой поток, поступающий от солнечной энергии, что в условиях концентрации загрязняющих веществ способствует образованию «острова тепла» (рис. 1) в городской территории [9,10]. Это явление имеет негативное воздействие, как на экологию воздушной среды городов, так и на здоровье горожан.

---

Таблица 1.

Город	Уровень загрязнения воздуха	Основные источники загрязнения	Основные загрязняющие вещества	Примечания
1	2	3	4	5
Москва	Умеренный	Транспорт, ТЭЦ, строительство	PM2.5, оксиды азота, угарный газ	Загрязнение выше в зимний период
Санкт-Петербург	Умеренный	Транспорт, промышленные выбросы	PM2.5, оксиды азота, сернистый газ	Проблемы с выбросами в промзонах
Новосибирск	Высокий	Промышленность, ТЭЦ, транспорт	PM10, оксиды серы, угарный газ	Частые превышения ПДК в зимний период
Екатеринбург	Высокий	Промышленность, транспорт	PM10, оксиды азота, тяжелые металлы	Проблемы с выбросами от заводов
Челябинск	Очень высокий	Металлургия, ТЭЦ, транспорт	PM10, оксиды серы, фенол, формальдегид	Один из самых загрязненных городов РФ
Красноярск	Очень высокий	ТЭЦ, промышленность, транспорт	PM2.5, бензапирен, оксиды серы	Частые смоги, особенно зимой
Казань	Умеренный	Транспорт, ТЭЦ, нефтехимия	PM2.5, оксиды азота, угарный газ	Загрязнение ниже среднего по РФ
Нижний Новгород	Умеренный	Транспорт, промышленные выбросы	PM2.5, оксиды азота, угарный газ	Проблемы в промышленных районах
Омск	Высокий	Нефтехимия, ТЭЦ, транспорт	PM10, оксиды серы, угарный газ	Частые превышения

Город	Уровень загрязнения воздуха	Основные источники загрязнения	Основные загрязняющие вещества	Примечания
			газ	ПДК
Владивосток	Умеренный	Транспорт, портовая деятельность	PM2.5, оксиды азота, угарный газ	Проблемы локальны, вблизи портов



Рисунок 1. Формирование городского «острова тепла»

Возникновение городского «острова тепла» так же связывают с включением в городскую архитектуру огромного количества элементов, сохраняющих тепло, таких как бетон, асфальт, металлы, стекло и другие. В связи с этим в крупных городах уменьшается альbedo (табл. 1.), что приводит в условиях плотной застройки к более интенсивному по сравнению с незастроенными территориями поглощению солнечной радиации [11].

Таблица 2.

№	Вид поверхности	Значение альbedo
1	2	3
1	Асфальтное покрытие	0,05-0,20

---

2	Бетонная поверхность	0,10-0,35
3	Металлическое покрытие	0,10-0,15
4	Стекло	0,75-0,90
5	Газон	0,25-0,30
6	Почва	0,10-0,30

Накопленные конструкциями зданий и сооружений поглощенное днем тепло отдается в окружающую среду в вечерние и ночные часы, тем самым увеличивая температурные показатели. В результате этого, при недостаточном естественном воздухообмене в дворовых территориях формируются неблагоприятные экологические условия воздушной среды [12,13].

С другой стороны, солнечная радиация не только непосредственно нагревает городские поверхности, но и влияет на движение воздушных масс в городской среде. Неравномерный нагрев различных участков городской территории создает градиенты давления, в связи с чем возникают локальные конвективные потоки [14]. Термические восходящие потоки, вызванные инсоляцией, могут способствовать вертикальному перемещению воздуха. Таким образом формируются местные ветры термического происхождения, влияющие на экологию воздушной среды.

Для исследования этих процессов был проведен анализ проекта дворовой территории, разработанного крупным девелопером, который планировал строительство жилого квартала в Москве. В ходе работы, в дворовом пространстве были определены характерные зоны движения воздушных масс термического происхождения. На основе графоаналитического метода исследования и полученных данных была построена модель формирования воздушных потоков в дворовом пространстве с учетом условий инсоляции (рис.2). В замкнутых дворовых пространствах формируются условия, при

---

которых нарушен естественный аэрационный режим. При этих условиях конвективные потоки являются одним из возможных механизмов воздухообмена, возникающие за счет различной интенсивностью инсоляции поверхностей дворовых пространств и зданий. Температурные перепады, возникающие в этих условиях, формируют хаотичные воздушные потоки термического происхождения у горизонтальных поверхностей и четко

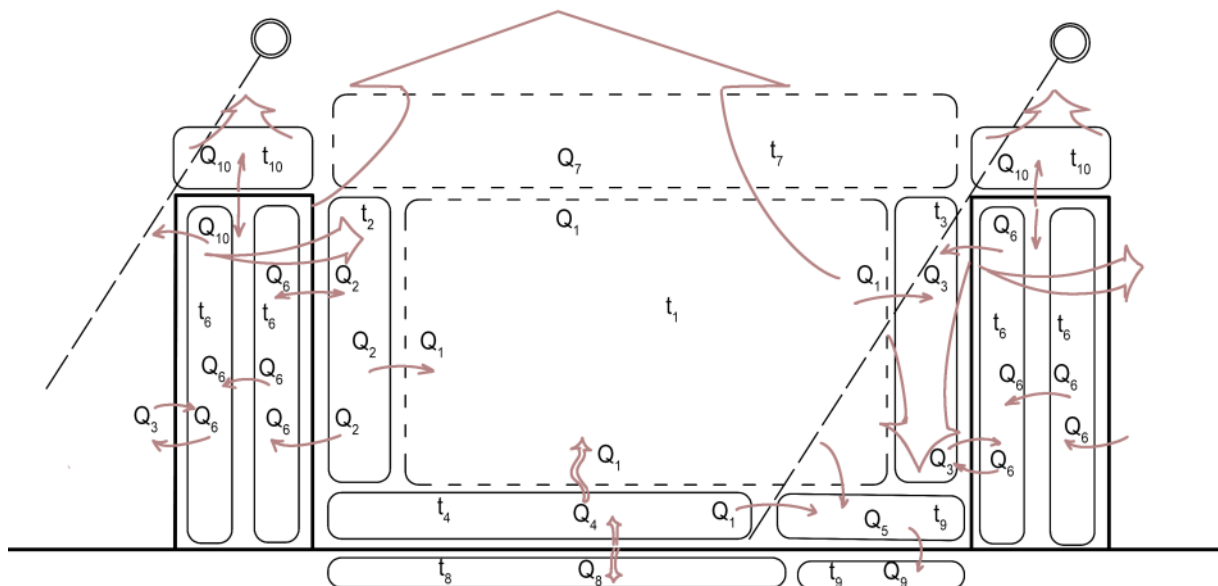


Рис. 2. Модель формирования конвективных потоков в дворовом пространстве

выраженные восходящие и нисходящие конвективные потоки у вертикальных поверхностей дворового пространства. [15,16].

Натурные замеры скорости конвективных потоков у фасадов девятиэтажного жилого дома, расположенного в г. Москва, позволили выявить условия, при которых формируются воздушные потоки для достаточного воздухообмена.

На графике, построенном по данным замеров и представленном на рисунке 3, показана динамика изменения максимальной скорости конвективных потоков по высоте здания в зависимости от ориентации стен в течение светового дня.

Анализ рисунка показывает, что наиболее длительные конвективные потоки наблюдались у стен, ориентированных на восток и юг в течение светового дня в интервале времени с 17 до 21 часа, скорость которых может достигать 3,4 м/с. При этом толщина движущегося слоя возрастала по высоте здания. В верхней части восточной стены в 14 часов фиксировались максимальные значения скорости потоков и достигали 2,5 м/с, у западного

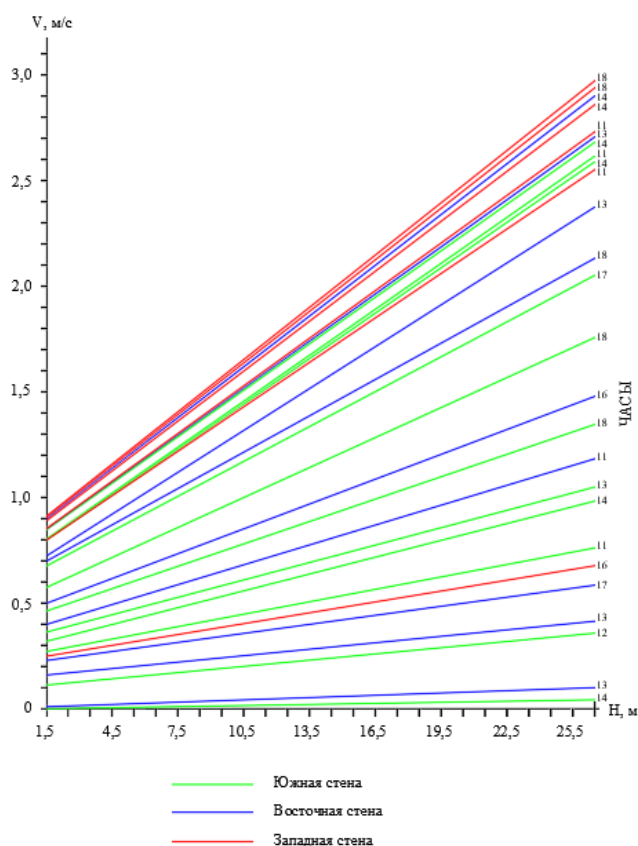


Рис.3. Динамика максимальной скорости конвективных потоков у стен здания в течение светового дня

фасада скорость достигала 3,2 м/с в 18 часов, а у южного фасада — 2,8 м/с в 14 часов. Очевидно, что в условиях плотной городской застройки, под влиянием солнечной радиации в замкнутых дворовых пространствах

формируются воздушные потоки термического происхождения разной интенсивности.

### **Выводы**

1. Воздушная среда современных городов подвержена влиянию загрязняющих выбросов от автомобильного транспорта, теплоэлектростанций и промышленности.

2. В мегаполисах таких как Москва и Санкт-Петербург основным источником загрязнения воздушной среды является транспорт.

3. Плотностроенные территории крупнейших городов, препятствуя воздухообмену создают зоны с застоями загрязненного воздуха и усугубляют экологию воздушной среды.

4. Влияние солнечной радиации на городские территории способствуют аккумулярованию тепла и возникновению городского «острова тепла», усиливая антропогенную нагрузку.

5. Вертикальные и горизонтальные поверхности городской застройки под влиянием солнечной радиации формируют воздушные потоки термического происхождения различной интенсивности, что может способствовать воздухообмену дворовых пространств.

6. Выбор оптимальной планировки территорий, форм зданий и их ориентации на стадии планирования, может способствовать формированию конвективных потоков, что улучшит аэрационный режим и экологию воздушной среды городских территорий.

### **Литература**



1. Кочуров Б. И., Ивашкина. И. В. Экологические критерии и показатели территориального планирования города // Проблемы региональной экологии. 2010. №4. С. 26-29.
  2. Пряхин В.Н., Большеротов А.Л., Рязанова Н.Е. Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий. // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 72-76.
  3. Рахманин Ю.А., Хрипач Л.В., Железняк Е.В., Зыкова И.Е., Новиков С.М., Волкова И.Ф., Скворцов С.А. Влияние загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на медико-биологические показатели состояния здоровья жителей Москвы // Прикладная токсикология. 2011. № 4. С. 38-47.
  4. Поготовкина Н.С., Косяков С.А. Влияние численности автомобильного парка на экологию крупных городов России// Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2014. №1. С. 326-328.
  5. Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Аэродинамика высотных зданий // АВОК. 2004. № 8. С.21-23.
  6. Яковлева И.Ю., Могуев А.П., Лебедева Е.С. Городские территории и их рациональное использование в условиях плотной застройки// Естественные и технические науки. 2019. №3. С.253-255.
  7. Дусяров А.С., Яхшибоев Ш.К., Ражабов С.И. Свойства энергетического поля солнечной радиации, теплопоступления в помещение от солнечной радиации // Молодой ученый. 2016. №10. С. 196-197.
  8. Гиясов Б.И. Гиясов Р.Б. Формирование микроклиматических условий на территориях Южных городов// Инженерный вестник Дона. 2023. №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8476](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8476)
-

9. Ле М.Т., Бакаева Н.В. Взаимосвязь между городским островом тепла и городским островом загрязнения: аналитический обзор и методы исследований // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 2. С. 72-83.

10. Ким Д. А. Влияние городского острова тепла на микроклимат урбанизированного пространства //Инженерный вестник Дона. 2021. №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7470.

11. Орлов С.С., Пашнев В.В. Исследование зависимости альbedo подстилающей поверхности от яркости дневного неба// Известия алтайского государственного университета. 2017. №1. С.35-39.

12. Кочуров Б. И., Ивашкина. И. В. Экологические критерии и показатели территориального планирования города // Проблемы региональной экологии, 2010. №4. С. 26-29.

13. Yi Bole, Su Rina. Evaluation of resources, environment, and ecological carrying capacity from the perspective of “production-living-ecology” spaces: A case study of western Jilin Province, China// Journal of Cleaner Production.2025. №1. URL: doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144770.

14. Кашинцева, В.Л., Леонова Д.А. Гиясов.Т.Б. Роль конвективных потоков в экологии воздушного бассейна города //Бюллетень строительной техники. 2018. № 12. С. 27-30.

15. Tovarović, J.Č., Ivanović-Šekularac, J., Šekularac, N. Renovation of existing glass facade in order to implement energy efficiency and media façade // Energy and Buildings. 2017. № 152. pp. 653-666.

16. Малявина Е.Г. Расчет воздушного режима многоэтажных зданий с различной температурой воздуха в помещениях // АВОК. 2008. № 2. С.12-14.

## References

1. Kochurov B. I., Ivashkina. I. V. Problemy regional'noj e'kologii. 2010. №4. pp. 26-29.
2. Pryaxin V.N., Bol'sherotov A.L., Ryazanova N.E. Vestnik RUDN, seriya E'kologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2009. № 3. pp. 72-76.
3. Raxmanin Yu.A., Xripach L.V., Zheleznyak E.V., Zy'kova I.E., Novikov S.M., Volkova I.F., Skvorczov S.A. Prikladnaya toksikologiya. 2011. № 4. pp. 38-47.
4. Pogotovkina N.S., Kosyakov S.A. Avtomobil'ny'j transport Dal'nego Vostoka. 2014. №1. pp. 326-328.
5. Tabunshnikov Yu. A., Shilkin N. V. AVOK. 2004. № 8. pp.21-23.
6. Yakovleva I.Yu., Moguev A.P., Lebedeva E.S. Estestvenny'e i texnicheskie nauki. 2019. №3. pp.253-255.
7. Dusyarov A.S., Yaxshiboev Sh.K., Razhabov S.I. Molodoj ucheny'j. 2016. №10. pp. 196-197.
8. Giyasov B.I. Giyasov R.B. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №6. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8476](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2023/8476)
9. Le M.T., Bakaeva N.V. E'kologiya urbanizirovanny'x territorij. 2023. № 2. pp. 72-83.
10. Kim D. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7470](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7470).
11. Orlov S.S., Pashnev V.V. Izvestiya altajskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. №1. pp .35-39.
12. Kochurov B.I., Ivashkina. I.V. Journal Problemy regional'noj ekologii. №. 4 2010. pp. 26-29.
13. Yi Bole, Su Rina. Journal of Cleaner Production. 2025. №1. URL: [doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144770](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144770).



14. Kashinceva V.L., Leonova D.A., Giyasov T.B. Byulleten` stroitel`nojtexniki.2018. № 12. pp. 27-30.
15. Tovarović, J.Č., Ivanović-Šekularac, J., Šekularac, N. Energy and Buildings. 2017. N 152, pp. 653-666.
16. Malyavina E.G. AVOK, 2008, № 2, pp. 12-14.

**Дата поступления: 28.02.2025**

**Дата публикации: 25.04 2025**