

*А. В. Дубровский<sup>1\*</sup>*

## **Влияние городской застройки на экологическое состояние атмосферы мегаполиса**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: avd5@ssga.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние городской застройки на экологическое состояние атмосферы мегаполиса. Приведены примеры повышения концентрации и уровня экологического загрязнения от характера существующей на территории города застройки. Расположение зданий в городе может значительно изменить направление и скорость ветра, вызвав ощутимые изменения в климате и качестве воздуха. Параметры движения потоков воздуха в городе зависят от многих факторов, таких как: погодные условия, рельеф местности, особенности застройки, наличие зеленых насаждений, транспортные потоки. Оптимально спроектированные городские пространства могут смягчить отрицательные последствия движения загрязненных воздушных масс и их влияние на качество воздуха. На примере территории города Новосибирска выполнено моделирование распространения загрязненного воздуха выбросами автотранспорта. Сделаны выводы, что при планировке города важно учитывать ветровые условия и стараться сохранять естественное направление ветра в максимально возможной степени. Городская застройка может также смягчить отрицательные последствия загрязнения атмосферы города, следуя нескольким принципам: создание зеленых зон и парков, улучшение транспортной инфраструктуры, строительство экологических зданий, использование в строительстве зданий материалов с низким уровнем токсичности, создание системы управления отходами. Рассмотрены несколько форм зданий, которые могут улучшить циркуляцию воздушных масс в городе: здания с вентилируемыми фасадами, с крышными садами, с атриумами и двориками, с арками.

**Ключевые слова:** городская застройка, экологическое состояние атмосферы, направление и скорость ветра, качество воздуха, городские пространства

*A. V. Dubrovsky<sup>1\*</sup>*

## **The influence of urban development on the ecological state of the atmosphere of the metropolis**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\*e-mail: avd5@ssga.ru

**Abstract.** The article examines the influence of urban development on the ecological state of the atmosphere of the metropolis. Examples of increasing the concentration and level of environmental pollution from the nature of the existing development on the territory of the city are given. The location of buildings in a city can significantly change the direction and speed of the wind, causing changes in climate and air quality. The parameters of the movement of air flows in the city depend on many factors, such as: weather conditions, terrain, building features, the presence of green spaces, traffic flows. Optimally designed urban spaces can mitigate the negative effects of the movement of polluted air masses and their impact on air quality. Modeling of the spread of polluted air by vehicle emissions was performed on the example of the territory of the city of Novosibirsk. It is concluded that when planning a city, it is important to take into account wind conditions and try to preserve the

natural wind directions as much as possible. Urban development can also mitigate the negative effects of urban air pollution by following several principles: creating green areas and parks, improving transport infrastructure, building eco-friendly buildings, using materials with a low level of toxicity in the construction of buildings, creating a waste management system. Several forms of buildings that can improve the circulation of air masses in the city are considered: buildings with ventilated facades, with roof gardens, with atriums and courtyards, with arches.

**Keywords:** urban development, ecological state of the atmosphere, wind direction and speed, air quality, urban spaces

### *Введение*

Современная городская застройка может оказывать разноплановое влияние на экологическое состояние атмосферы мегаполиса. Наиболее опасными с позиции распространения и увеличения концентрации вредных выбросов в атмосфере являются следующие источники экологического загрязнения:

- транспортные потоки. Плотность автотранспорта и использование неэкологических транспортных средств могут приводить к существенному загрязнению воздуха городах, а в следствие застройки улиц с высокой плотностью движения высокоэтажными зданиями появляется эффект «теплового каньона» который приводит к повышению температуры на локальном участке города и увеличению концентрации вредных веществ в воздухе. Это в свою очередь может влиять на здоровье граждан и качество их жизни. В некоторых исследованиях выделяют различные вертикальные зоны городской застройки и отмечают как один из самых загрязненных уровней – «пешеходный уровень» [1];

- промышленные объекты. Размещение крупных промышленных объектов в пределах городской застройки может также вызывать загрязнение атмосферы, особенно если производимые вещества являются токсичными или имеют высокую концентрацию. При этом в зависимости от господствующего направления ветра происходит рассеивание загрязнителей в определенной зоне, которая в последующем трансформируется в зону накопления экологического вреда [2];

- энергетические объекты. Некоторые энергетические объекты, такие как теплоэлектростанции, влияют на экологическое состояние атмосферы города. Для Новосибирска особо актуальной является проблема загрязнения атмосферы города выбросами ТЭЦ, рис. 1.

Расположение зданий в городе может значительно изменить направление и скорость ветра, вызвав ощутимые изменения в климате и качестве воздуха. При планировке города важно учитывать ветровые условия и стараться сохранять естественное направление ветра в максимально возможной степени. Кроме того, можно использовать специальные архитектурные и ландшафтные решения, чтобы изменить направление и скорость ветра. Например, высокие здания могут вызывать турбулентность и ускорение ветра внизу, что может быть использовано для генерации энергии ветра. Однако при этом нижние уровни города могут стать очень ветреными и некомфортными для жизни [1]. Чтобы избежать этого, можно использовать такие приемы, как создание ветрозащищенных зон, расположение зданий в соответствии с направлением ветра или зеленых зон для создания усло-

вий естественной циркуляции воздушных масс. Кроме того, важно учитывать, что изменение направления и скорости ветра может оказать влияние на распространение загрязнений и аэрозолей в атмосфере. Поэтому при планировке города необходимо учитывать не только климатические, но и экологические аспекты.

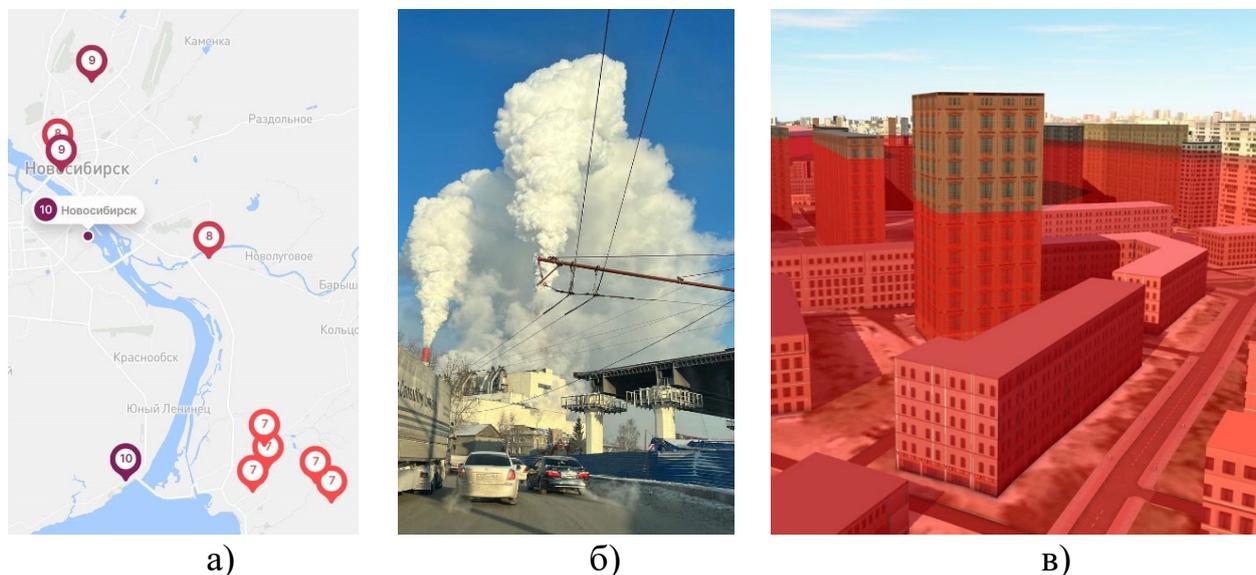


Рис. 1. Загрязнение территории города Новосибирска выбросами автотранспорта и объектами энергетики: а) карта-схема загрязнения атмосферы города Новосибирска при объявлении режима «черное небо» [3]; б) выбросы ТЭЦ 2 в атмосферу Новосибирска; в) распространение выбросов ТЭЦ и автотранспорта в атмосфере города (распространение выбросов показано красным цветом)

Кроме перечисленных факторов, на загрязнение города оказывает влияние плотность зеленых насаждений. Равномерное распределение зеленых насаждений на территории города снижает эффекты «тепловых островов» [4].

Урбанизация и стремительная индустриализация за последнее десятилетие сделали городскую среду более уязвимой к деградации и накоплению экологически вредных веществ. Циркуляция воздушных масс в городе является одним из наиболее важных факторов, которые следует учитывать при исследовании экологического состояния территории мегаполиса, поскольку она оказывает значительное влияние на «эффект городского острова тепла» – UHI (urban heat island) и тепловой комфорт на открытом воздухе [5].

### ***Методы и материалы***

Для исследования влияние городской застройки на экологическое состояние атмосферы мегаполиса необходимо применять методы математического моделирования, геоинформационный анализ и геоинформационное моделирования, а также методы мониторинга экологического состояния территории. Также используются методы градостроительного проектирования и различные виды зонирования территории города.

## *Результаты*

Параметры движения потоков воздуха в городе зависят от многих факторов, таких как погодные условия, рельеф местности, особенности застройки, наличие зеленых насаждений, транспортные потоки. Например, низкие здания, чередующиеся с зелеными зонами, не препятствуют естественному движению воздушных потоков и при условии их расположения с учетом рельефа местности не задерживают вредные выбросы. Направление ветра и скорость потока также играют важную роль в передвижении загрязнений на городской территории. Оптимально спроектированные городские пространства могут смягчить отрицательные последствия движения загрязненных воздушных масс и их влияние на качество воздуха. Высокие здания, которые образуют «уличные каньоны» могут создавать ветровые потоки, увеличивающие распространение загрязнений и их снос и концентрацию в определенных участках города, как правило, в понижениях рельефа местности или зонах, ограниченных застройкой. На примере территории города Новосибирска выполнено моделирование распространения загрязненного воздуха выбросами автотранспорта, рис. 2.

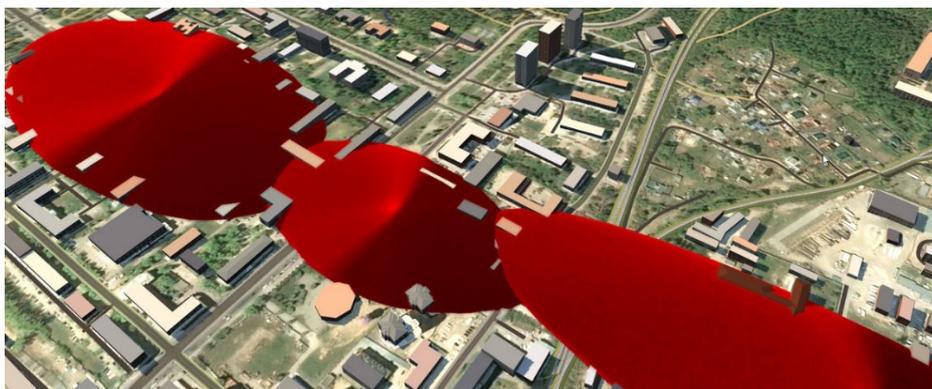


Рис. 2. Моделирование распространения загрязненного воздуха выбросами автотранспорта

При планировке города важно учитывать ветровые условия и стараться сохранять естественные направления ветра в максимально возможной степени. Важно учитывать, что изменение динамики циркуляции воздушных масс в городе может оказать влияние на распространение загрязнений и повышение их концентрации в определенных частях города [6], рис. 3.



Рис. 3. Пример загрязнения атмосферы города Новосибирска (вид на правый берег реки Обь)

Городская застройка может смягчить отрицательные последствия загрязнения атмосферы города, следуя нескольким принципам:

- создание зеленых зон и парков. Растительность и деревья поглощают вредные вещества из воздуха, улучшая его качество. Парки и зеленые зоны также могут служить барьером между дорогами и жилыми зонами, защищая их от загрязнения. В работе [7] приведены исследования по изучению распространения вредных веществ в воздухе городов и способы по снижению их концентрации. В качестве одного из способов предлагается увеличение площади зеленых насаждений и более активное использование для этих целей крыш зданий. Одним из примеров такой застройки может являться вертикальный лес Небоскреба Боско Вертикале в Милане [8].

- улучшение транспортной инфраструктуры. Развитие систем общественного транспорта, велосипедных дорожек и пешеходных зон снижает количество автомобильных пробок и выбросов, что положительно сказывается на качестве воздуха;

- строительство экологичных зданий и реконструкция существующих. Более эффективное использование энергии и ресурсов в зданиях уменьшает загрязнение, кроме того строительство зданий со светоотражающими элементами может уменьшить «эффект теплового острова» [5];

- использование в строительстве зданий материалов с низким уровнем токсичности. Использование материалов, которые не содержат вредных веществ, может снизить количество выбросов в течение процесса строительства и эксплуатации зданий, в том числе обусловленного эффектом «теплового острова»;

- управление отходами. Эффективная система управления отходами может значительно сократить количество выбросов, связанных со сбором, транспортировкой и утилизацией отходов [9].

Есть несколько форм зданий, которые могут улучшить циркуляцию воздушных масс в городе:

- здания с вентилируемыми фасадами: такие здания имеют конструкцию, которая позволяет воздуху свободно циркулировать вдоль фасада и через технологические отверстия, уменьшает нагревания зданий;

- здания с крышными садами;

- здания с атриумами и двориками: здания с открытыми внутренними пространствами, такими как атриумы и дворики, могут улучшать циркуляцию воздуха внутри зданий и вокруг них, создают более комфортные условия для населения города;

- здания с арками, эти здания имеют специальные конструктивные элементы, позволяющие воздуху свободно циркулировать сквозь здание.

Наибольший эффект можно получить, используя комбинации вышеперечисленных приемов в одном здании или комплексе зданий. Например, здание может иметь вентилируемые фасады, зеленую крышу, атриумы и арки, что даст максимальную эффективность в улучшении циркуляции воздуха в городском квартале.

## *Обсуждение*

Вопросы изучения аэродинамики городских сооружений и их влияния на циркуляцию атмосферы города являются актуальными для создания комфортных и безопасных условий для проживания городского населения. В работе [10] приведены данные о концентрациях мелкодисперсной пыли в атмосфере городов России и факторах, способствующих ее медленному рассеиванию. В качестве причин ее появления называются автотранспорт и промышленные предприятия. По данным Всемирной организации здравоохранения такая пыль считается наиболее опасной для жизни и здоровья человека. Как отмечено в работе [10], «при учете мелкодисперсных частиц пыли в атмосфере города нужно обратить внимание на топографические и климатические условия выбранного региона, так как на результаты исследований могут повлиять эффективность зеленых насаждений, влажность воздуха, сезонное усиление ветра и т.п.». Для нашего исследования особый интерес представляет эффект усиления ветра, например, вдоль транспортных магистралей, который создается в результате застройки и появления «городских каньонов». В работе [11] отмечается, что особенности атмосферы города зависят от «архитектурно-планировочных особенностей (функциональной структуры города, пространственного расположения, этажность жилых построек и других особенностей селитебных зон, характера промышленных зон и транспортных магистралей)». В работе [12] также отмечается влияние городской застройки на микроклимат на территории отдельных городских кварталов [13]. При этом приводятся исследования с применением тепловизионной съемки для определения очагов температурных аномалий. Городские высокоэтажные районы могут удерживать и генерировать больше тепла, чем, например, сельские районы, что приводит к более высокой температуре поверхности земли и воздуха в локальных участках города.

## *Заключение*

Городская застройка может включать в себя как разнообразные экологические элементы, способствующие поддержанию экологического благополучия на территории города, так и способствовать повышению уровня загрязнения и изменению циркуляции воздушных масс. Важно обеспечить баланс между экономической рентабельностью строительства зданий на территории города и охраной состояния окружающей среды, чтобы мегаполис был экологически устойчивой и безопасной для проживания территорией.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Mochida Akashi, Lun Isaac Y.F. Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area/ Show more Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics/Volume 96, Issues 10–11, October–November 2008, Pages 1498-1527/- <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2008.02.033/>.
2. Дубровский А. В. Геоинформационный анализ зон накопления экологического вреда на территории населенных пунктов / А. В. Дубровский. - Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской

среды: сборник докладов Международной научно-практической конференции (28 октября 2022 г.). Том I / отв. ред. А. В. Кряхтунов. – Тюмень: ТИУ, 2023. – С. 86-92.

3. Киселев А. В Новосибирске ввели режим «черного неба» до 17 февраля / ООО «Континент Сибирь. холдинг», 14 февраля, 2023 – режим доступа: <https://ksonline.ru/484346/v-novosibirske-vveli-rezhim-chernogo-neba-do-17-fevralya/>

4. Pompeii P W.C., Hawkins T. Assessing the impact of green roofs on urban heat island mitigation: A hardware scale modeling approach, Geographical Bulletin May 2011, Gamma Theta Upsilon 52(1) – S. 52-61 - [https://www.researchgate.net/publication/279682297\\_Assessing\\_the\\_impact\\_of\\_green\\_roofs\\_on\\_urban\\_heat\\_island\\_mitigation\\_A硬件\\_scale\\_modeling\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/279682297_Assessing_the_impact_of_green_roofs_on_urban_heat_island_mitigation_A硬件_scale_modeling_approach).

5. Приставка Е. Инженеры из Университета Питтсбурга создали стратегию охлаждения города с использованием отражающих поверхностей /Хайтек, 22.06.2021. – Электронный ресурс – режим доступа: <https://hightech.fm/2021/06/22/heat-pollution>.

6. Тасейко, О. В. Моделирование локальных условий рассеивания загрязнителей в городской застройке : специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)», 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Тасейко О. В. – Красноярск, 2005. – 23 с.

7. Assessing the impact of green roofs on urban heat island mitigation: A hardware scale modeling approach, May 2011, Geographical Bulletin - Gamma Theta Upsilon 52(1) – S. 52-61 - [https://www.researchgate.net/publication/279682297\\_Assessing\\_the\\_impact\\_of\\_green\\_roofs\\_on\\_urban\\_heat\\_island\\_mitigation\\_A硬件\\_scale\\_modeling\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/279682297_Assessing_the_impact_of_green_roofs_on_urban_heat_island_mitigation_A硬件_scale_modeling_approach).

8. Небоскреб Боско Вертикале в Милане /Путешествия и жизнь за границей — Электронный ресурс – режим доступа: <https://gozakordon.com/europe/italy/boskovertikale-milan>.

9. Сидорова М. Ю., Шарикалов А. Г., Дубровский А. В., Ершов А. В. Проектирование расположения площадок накопления твердых коммунальных отходов на территории частного сектора города Новосибирска / М. Ю.Сидорова, А. Г. Шарикалов, А. В. Дубровский, А. В. Ершов – Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопро-странственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов IV Национальной научно-практической конференции, 17–19 ноября 2020 г., Новосибирск. В 3 ч. Ч. 3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – С. 40-45. - DOI: 10.33764/2687-041X-2021-3-40-45

10. Баракаев, Р. К. Мелкодисперсная пыль в атмосфере городов России / Р. К. Баракаев, Н. Д. Свердлова // Актуальные проблемы биологической и химической экологии : Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Мытищи, 26–28 февраля 2019 года / Ответственный редактор Д.Б. Петренко. – Мытищи: Московский государственный областной университет, 2019. – С. 254-256.

11. Мананков, А. В. Состояние и геоэкологические особенности воздушной атмосферы промышленного города / А. В. Мананков, О. А. Карева // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2009. – № 3(24). – С. 51-63.

12. Yang S. Urban microclimate and its impact on built environment / Liangzhu (Leon) Wang L., Stathopoulos T, hmed Moustafa Marey A. - Building and Environment, Vol. 238, 15 June 2023, 110334. - <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110334>.

13. Математическое моделирование движения аэрозольного облака COVID-19 в замкнутом пространстве / С. В. Веретехина, В. И. Зайковский, С. М. Курьян, А. Д. Козлов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 8. – С. 44-49. – DOI 10.25791/pribor.8.2021.1286.

© А. В. Дубровский, 2023