

УДК 624.13:628.511.1

**Е. В. Сысоева**

*Московский государственный строительный университет*

## **ПРИНЦИПЫ И УРОВНИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ**

Статья посвящена проблеме экологического загрязнения воздуха взвешенными частицами  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$  на территории крупных городов России. Из-за перенаселения Евразийского континента, высокой плотности населения, увеличения скорости и объемов строительства озеленение городов с каждым годом уменьшается при абсолютном понимании его необходимости. Отсутствие озеленения городов ведет не только к психологическому обеднению людей, но и к экологической катастрофе: увеличению плотности концентрации взвешенных пылевых частиц, являющихся источником серьезных хронических и смертельных заболеваний.

В статье проведен статистический анализ 35 городов России по возможности и необходимости озеленения. Сделан вывод о недостатке свободных площадей в городах. Предложены возможные варианты дополнительного озеленения — озеленение крыш, т. е. создание так называемых зеленых крыш. Предлагается классификация возможных пяти уровней озеленения зданий и сооружений.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** уровни озеленения, «зеленые» крыши, принципы озеленения, загрязненность воздуха, взвешенные частицы  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$ .

### **Введение**

На территории России располагается всего 1117 городов на момент переписи населения 2020 г. (по данным Росстата) [1]. Из них 170 городов с населением от 100 000 чел., по данным Росстата 2025 года<sup>1</sup> [2—4]. Плотность распределения городов по территории Евразийского континента с общей площадью 53,6 млн км<sup>2</sup> показана на рис. 1 и 2.

По карте на рис. 1 видно, что наибольшая концентрация городов с населением от 250 000 до 500 000 чел. находится в южной и юго-западной частях Евразийского континента, т. е. территорий I, II и III климатических зон (I — субтропический пояс с преобладанием теплых и влажных зимних периодов и жарким и засушливым летним периодом; II — умеренный климат с длительным зимним периодом со средней температурой воздуха и солнечным летним периодом; III — с сочетанием континентального климата с небольшим количеством осадков и резко континентального климата с дождями в летний период и отсутствием снега в зимний период).

В 2023 г. доля городского населения составила 75,1 %, в то время как сельского населения — 25,26 %.

При этом общая тенденция уменьшения численности населения сохраняется. Анализируя данные Росстата, можно сказать, что наибольший процент уменьшения населения происходит из-за смертности людей допенсионного возраста, смертности новорожденных и уменьшения количества здоровых рожденных детей. Другими словами, естественный прирост населения в 1,7 раза меньше числа умерших.

В Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года отмечается: «Глобальные эко-

<sup>1</sup> URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_городов\\_России\\_с\\_населением\\_более\\_100\\_тысяч\\_человек](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_городов_России_с_населением_более_100_тысяч_человек).

логические проблемы, связанные с изменением климата, потерей биологического разнообразия, опустыниванием и другими негативными для окружающей среды процессами, возрастанием экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф, загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, а также морской среды, затрагивают интересы Российской Федерации и ее граждан... В 40 субъектах Российской Федерации более 54 процентов городского населения находится под воздействием высокого и очень высокого загрязнения атмосферного воздуха...».

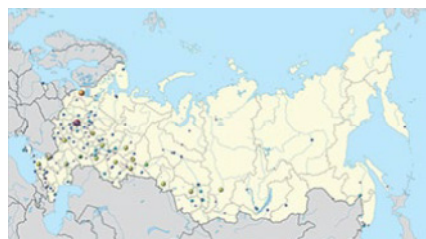


Рис. 1. Карта России с указанием городов с населением от 250 000 до 500 000 чел. (по состоянию на 2021 г.)<sup>2</sup>

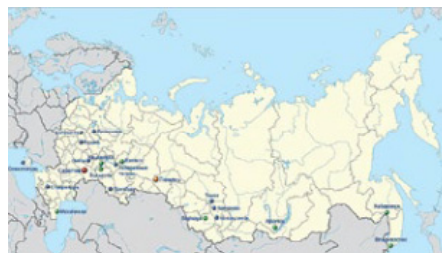


Рис. 2. Карта России с указанием городов с населением от 500 тыс. до 1 млн чел. (по состоянию на 2021 г.)<sup>3</sup>

Основная часть городов России перенаселена, что влечет за собой увеличение темпов строительства, увеличение площадей под строительство, увеличение этажности, количества дорог и в результате — мощности трафика на дорогах, увеличение необходимых мощностей на инженерные коммуникации и в результате — ухудшение экологического состояния городов (качество воздуха, воды и плодородной части грунта) [5—8].

В табл. рассмотрены 35 городов России численностью до 1,5 млн чел. Критериями анализа стали: численность населения за 2024 г., площадь территории каждого города, площадь озеленения на планировочной отметке земли, площади плоских крыш зданий, исключая здания исторические и здания архитектурного наследия, площади дорог и водных ресурсов на исследуемых территориях. Все эти расчеты произведены по программе QGIS для городов.

*Население и озеленение крупных городов России*

Город	Население города, чел.	Площадь города, км <sup>2</sup>	Площадь озеленения города, км <sup>2</sup>	Площадь зданий с плоскими крышами, км <sup>2</sup>
Екатеринбург	1 536 183	1116,63	392,16	23,68
Казань	1 318 604	599,26	121,75	23,58
Красноярск	1 205 473	379,50	88,41	27,72
Нижний Новгород	1 204 985	412,98	88,35	21,84
Челябинск	1 177 058	522,39	109,52	24,05
Уфа	1 163 304	670,33	148,40	8,99

<sup>2</sup> URL: <http://www.statdata.ru/karta/krupnye-goroda-rossii>.

<sup>3</sup> URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Города\\_России\\_с\\_населением\\_более\\_500\\_тысяч\\_человек](https://ru.wikipedia.org/wiki/Города_России_с_населением_более_500_тысяч_человек).

Окончание табл.

Город	Население города, чел.	Площадь города, км <sup>2</sup>	Площадь озеленения города, км <sup>2</sup>	Площадь зданий с плоскими крышами, км <sup>2</sup>
Самара	1 158 952	549,12	196,43	20,32
Ростов-на-Дону	1 140 487	356,04	51,19	19,16
Краснодар	1 138 654	363,75	27,75	15,45
Омск	1 104 485	566,90	58,99	25,86
Воронеж	1 046 425	598,98	197,25	20,41
Пермь	1 026 908	800,5	358,94	18,61
Волгоград	1 018 898	864,58	160,90	21,01
Саратов	887 365	2564,24	77,68	16,85
Тюмень	861 098	698,48	93,44	14,94
Тольятти	667 956	314,78	94,84	12,80
Махачкала	622 091	469,01	64,28	32,51
Барнаул	620 419	325,30	76,99	17,58
Ижевск	618 776	315,18	82,42	12,38
Хабаровск	615 570	387,84	36,34	11,89
Ульяновск	611 683	325,96	60,90	14,03
Иркутск	606 369	264,68	52,67	11,50
Владивосток	591 628	349,52	145,22	8,41
Ярославль	567 443	215,89	37,41	10,24
Томск	545 391	298,32	48,87	9,24
Кемерово	544 600	294,80	156,90	13,28
Набережные Челны	544 383	171,10	27,86	10,34
Курск	436 678	202,84	87,71	10,91
Новокузнецк	531 186	421,38	97,20	6,52
Рязань	520 509	223,82	63,83	9,88
Пенза	488 299	302,56	159,69	11,78
Липецк	485 260	303,33	68,33	10,31
Киров	475 464	169,73	91,13	9,94
Астрахань	465 524	501,47	16,02	14,65
Тула	461 692	153,21	23,15	11,03

### Анализ существующего и возможного компенсационного озеленения городов России

Для понимания степени озелененности городов России проведен статистический анализ этих же городов России (см. табл.).

По рис. 3 и 4 видно, что если рассматривать все выбранные города, то они колеблются в одних и тех же пределах по населению и по площади, что говорит об их возможной сравнимости.

Для этого взяты крупные города с населением от 461 692 чел. (Тула) до примерно 1 536 183 чел. (Екатеринбург). Проанализирована динамика роста населения по всем городам за последние 10 лет. Рис. 3 показывает, что только в двух городах из 35 население убывает на 2 %. Во всех остальных 34 городах население прибавилось на 1...35 %, что говорит о резком увеличении городского населения. Самое резкое увеличение населения произошло за это десятилетие в Воронеже, Тюмени и Махачкале.

Для всех городов по программе QGIS определено озеленение на уровне планировочной отметки земли. Максимальная площадь озеленения относится к Екатеринбург и Перми (рис. 5).



Рис. 3. Население городов России, чел.

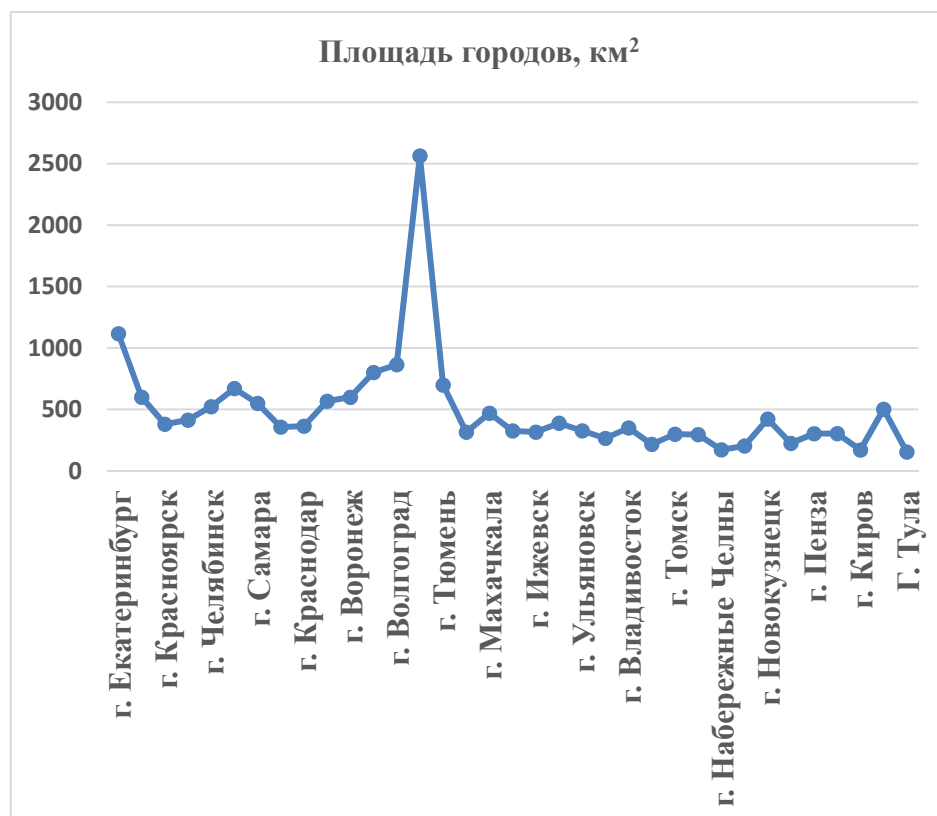


Рис. 4. Площади городов России на 2024 г.



Рис. 5. Площади озеленения городов России, км<sup>2</sup>

Поскольку ВОЗ утверждает, что нет разрешенных минимальной и максимальной границ запыленности, можно считать, что любое запыление вредит здоровью горожан<sup>4</sup> [9].

Поскольку в данном исследовании предложено дополнительное компенсационное озеленение на других уровнях, то подсчитано, что, добавив только один дополнительный уровень озеленения — озеленение крыш, получаем не только дополнительную прямую площадь озеленения, но и дополнительный объем вырабатываемого кислорода, необходимого для городского жителя, а порой и *n*-е количество спасенных жизней.

Во всех городах России на 1 чел. приходится примерно 250 м<sup>2</sup> озеленения, что соответствует выработке кислорода в 250 г. Взрослый человек в состоянии покоя потребляет примерно 20...30 л кислорода, что по весу соответствует 0,7 кг/ч, т. е. 700 г/ч [10, 11].

По программе QGIS подсчитаны площади всех плоских крыш, исключая исторические здания, здания архитектурного наследия, храмы, соборы и другие религиозные сооружения. Площади остальных зданий с плоскими крышами указаны на рис. 6.

Озеленение крыш добавляет компенсационное озеленение в размере от 6 до 60 % по сравнению с имеющимся озеленением города на уровне планировочной отметки земли. Нет прямой зависимости площади города, плотности населения и общего количества проживающих в городе от площади озеленения. Кроме общего принципа проектирования в данном конкретном городе, эта площадь зависит от количества дорожных сетей, в большей степени — от

<sup>4</sup> Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2017 году / Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы.

количества построенных и строящихся зданий и сооружений, площадей, занятых под инженерные коммуникации города, и многих других мелких факторов. В данном случае можно рассматривать даже территории вечной мерзлоты, где температура теплого периода неизмеримо меньше остальной части календарного года, но зеленые насаждения возможны, особенно на уровне крыш зданий.



Рис. 6. Площади зданий с плоскими крышами в городах России, км<sup>2</sup>

Все приведенные расчеты показывают следующее:

1. Динамика роста численности населения во всех рассматриваемых городах.
2. Озеленение городов менее 9 %.
3. Площади плоских крыш, исключая исторические здания и сооружения архитектурного наследия, достигают 200 % в сравнении с имеющимся процентом озеленения.
4. Возможность увеличения процента озеленения с учетом устройства «зеленых» крыш до 45...60 % на территории городов.
5. Принимая, что на 1 км<sup>2</sup> территории города оседает примерно 500 кг пыли, а озеленение на 1 га (0,01 км<sup>2</sup>) поглощает 40 кг пыли, можно рассчитать необходимую площадь озеленения для каждого города, способного привести городской воздух в состояние, достаточно безопасное для проживания (т. е. ПДК ниже максимальной нормы).

Полученная таблица расчетов показала, что все города, развивая строительство, теряют натуральные природные пространства, которые можно компенсировать «зелеными» крышами на различных уровнях и с различным назначением. Эти плоскости смогут компенсировать озеленение города до нормы, повышая его в среднем в 3...5 раз.

### **Предлагаемые принципы и уровни озеленения городов в России**

Согласно СП 82.13330.2016, принципы озеленения городов в России включают отдельные элементы ландшафта, соединенные между собой в единую композицию и соподчиненные между собой.

Нормы озеленения, м<sup>2</sup>, считают в соответствии с количеством горожан, проживающих на общегородских территориях и в жилых кварталах, и отдельно нормируют для городов-курортов.

Уже в эпоху Средневековья, когда люди стали переезжать в города, начало происходить резкое уменьшения площадей естественного озеленения. В эпоху Возрождения градостроители начали задумываться о возможности соединения городских территорий озеленения с пригородными [12, 13]. До XIX века зеленые территории имели в основном правильные геометрические формы: кольцо, окружности и т. д., такие, как схемы Ж. Перре, Г. Шарпа, Ш. Фурье. Только к XX веку появились нормативные документы, нормирующие состояние зеленых насаждений в городе. Но все эти документы говорили лишь о горизонтальном планировании озеленения на уровне планировочной отметки земли. Тем не менее в состав генеральных планов городов включали пояса, клинья и т. д. в виде зеленых насаждений (схемы Т. Фритша, Э. Говарда, Р. Энвина, С. Шестакова, И. Леонидова, Ле Корбюзье, П. Аберкромби и др.) [14—16].

Теперь озеленение планируют в зависимости от объемно-планировочного решения района, квартала, в зависимости от рельефа местности, климатической зоны, направления ветров, назначения территории, этажности зданий, наличия водных пространств.

Согласно СП 82.13330.2016 и Федеральному закону «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ, необходимо не допускать на городских территориях превышения максимально допустимого ПДК загрязняющих веществ, а на территориях медицинских организаций, учреждений образовательного назначения — до 0,8 ПДК загрязнителей.

«По прогнозам, к 2050 году две трети населения мира будет жить в городских районах, поэтому правительства и органы планирования должны обеспечить, чтобы каждый, независимо от его социально-экономического статуса, имел доступ ко многим преимуществам, которые дают деревья и зеленые насаждения», — сказал Чжимин Ву, директор отдела лесного хозяйства ФАО, в докладе «Глобальный взгляд Человеческие судьбы 2023 года».

Рассматривая правила благоустройства территорий городов России (например, для города Тулы), видно, что в них нет точного указания на процент озеленения по количеству проживающих на этой территории человек. В правилах указываются юридические и экономические правила действия в различных случаях, правила ухода за насаждениями, методы компенсационного озеленения, которое в основном определяется как «воспроизводство зеленых насаждений взамен уничтоженных или поврежденных»<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> О Правилах благоустройства территории муниципального образования город Тула (с изм. на 24 марта 2021 г.): решение Тульской городской Думы Тульской области от 31 янв. 2018 № 47/1156.

При этом не учитываются территории, занятые под здания и другие объекты строительства, где перед началом действий был удален природный слой озеленения. Весь природный слой восстановить невозможно из-за необходимости строительства дорог, дорожек, инженерных коммуникаций и пр. Но часть этой территории, уже занятой зданиями, можно использовать: собственно, саму крышу, что частично сможет компенсировать природное озеленение.

Рассматривая все документы муниципального назначения по 35 городам, можно резюмировать некоторые упущения в принципах озеленения городов:

1. Ни для одного из муниципальных образований не даны точные цифры (в процентах или км<sup>2</sup>) для необходимого озеленения конкретного города или области.

2. При известных утвержденных цифрах ПДК фонового загрязнения воздуха нет указания на площади, которые будут минимальными для соответствующего города и будут соответствовать здоровому образу жизни горожан.

3. Если речь идет о компенсационном озеленении, то это означает восстановление потери уже имеющегося озеленения при строительстве или на этапе проектирования.

Учитывая все эти особенности, уровнем озеленения можно предложить высотные отметки от планировочного уровня земли:

- планировочный уровень озеленения — уровень 1 (рис. 7);
- озеленение стилобатов — уровень 2 (рис. 8);
- террасное озеленение крыш — уровень 3 (рис. 9);
- озеленение на уровне крыш любой этажности — уровень 4 (рис. 10);
- озеленение фасадов как экологический дизайн — уровень 5 (рис. 11);
- озеленение средней части здания на открытых этажах любого уровня в многоэтажных и высотных зданиях — уровень 6 (рис. 12).



Рис. 7. Озеленение на уровне планировочной отметки земли — уровень 1<sup>6</sup>

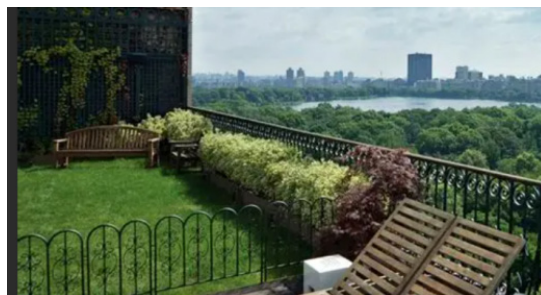


Рис. 8. Озеленение на уровне стилобата — уровень 1<sup>7</sup>

<sup>6</sup> URL: <https://m.asninfo.ru/news/76325-podvedeny-itogi-konkursa-uyutnyy-sad-2017-v-peterburge?page=36&per-page=2>.

<sup>7</sup> URL: <https://www.zinco.ru>.



Рис. 9. Террасное озеленение крыш — уровень 3<sup>8</sup>



Рис. 10. Озеленение крыш на любом этаже — уровень 4<sup>9</sup>



Рис. 11. Озеленение фасадов — уровень 5<sup>10</sup>

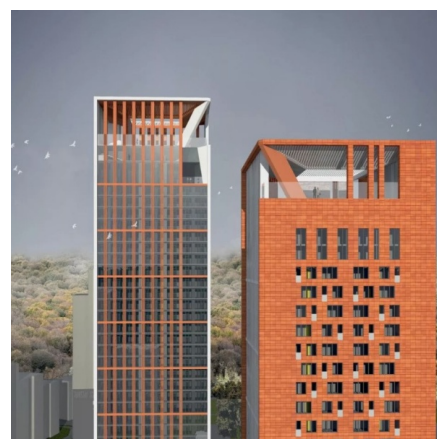


Рис. 12. Озеленение средней части здания на открытых этажах любого уровня в многоэтажных и высотных зданиях — уровень 6<sup>11</sup>

### Заключение

Учитывая все предложенные уровни озеленения, можно добиться повышения общего процента озеленения территории города более чем на 50 %, что уменьшит запыленность территории. Начатый натурный эксперимент в Рязани подтверждает это и будет описан в дальнейших публикациях автора.

Возможность использования одного из предложенных методов или их комбинации зависит от планировочной системы города, системы планирования дорог и инженерных коммуникаций, климатической зоны территории, высотности зданий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сысоева Е. В., Безбородов Е. Л. Влияние «зеленых» крыш на экологическое состояние воздуха в крупных городах России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 4(48). С. 52—61. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.4.52-61. EDN: FYCVIE.

<sup>8</sup> URL: <https://dzenrus.ru/blog/zelenaya-ekspluatiruemaya-krovlya/16>.

<sup>9</sup> URL: <https://russad.ru/stati/zelenaya-krovlya>.

<sup>10</sup> URL: <https://te-triz.com/komm>.

<sup>11</sup> URL: <https://ru.pinterest.com/pin/5488830787313582>.

2. *Yanitsky O. N.* Come+ON! 50 years of the Club of Roma: reflections and criticism // *Advances in Social Sciences Research Journal*. 2018. Vol. 5. No. 1. Pp. 279—289. DOI: 10.14738/assrj.52.4106. EDN: XZELEL.
3. *Hansson P., Rockström J., Gaffney O.* Breaking boundaries: the science behind our planet // *The Journal of Population and Sustainability*. 2022. Vol. 6. No. 2. Pp. 109—117. DOI: 10.3197/jps.63788304908976. EDN: NWRNUA.
4. *Howard G. S.* On certain blindnesses in human beings. *Psychology and world overpopulation // Counseling Psychologist*. 1993. Vol. 21. No. 4. Pp. 560—581. DOI: 10.1177/0011000093214003. EDN: JQCGOR.
5. *Амосов А. И.* О проблеме «перенаселения» планеты // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2020. Т. 1. № 8(104). С. 161—169. DOI: 10.34684/ek.ur.p.r.2020.08.01.019. EDN: BIWSDD.
6. *Зорин В. С., Мишкеева И. В., Колоколова Н. М.* Перенаселение планеты как глобальная проблема // *Основные вопросы лингвистики, лингводидактики и межкультурной коммуникации : сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф. / Сост. Е. Н. Шугаева. Астрахань : Астрах. ун-т, 2021. С. 155—162. EDN: ZFMMKK.*
7. *Krylova E. B., Podsvetova T. V., Soloviev E. N.* The authorization of Russia and developing countries in global digitalization // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2020. Vol. 282. Pp. 189—196. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8-21. EDN: LEDZDN.
8. *Delgado A.* Grey clustering based air quality index to detect urban air quality in Lima // *Challenges in Sustainability*. 2025. Vol. 13. No. 4. Pp. 546—559. DOI: 10.56578/cis130406. EDN: LRXZWI.
9. *Kuzyakina M. V., Gura D. A., Sekisov A. N., Granik N. V.* Assessment of potential forest biomass resource on the basis of data of air laser scanning // *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018 : Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 983. Voronezh and Samara, Russia, 2018. Vol. 2. Cham : Springer, 2019. Pp. 403—416. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8\_41. EDN: QYELJX.
10. *Дерова Ю. В., Шабанова А. В.* Средоулучшающие функции зеленых насаждений некоторых районов г. Самары // *XLIX Самарская обл. студ. науч. конф. : тез. докл., г. Самара, 10—21 апр. 2023. СПб. : Эко-Вектор, 2023. С. 299—300. EDN: WGLSEH.*
11. *Санников Д. С., Санникова Н. В.* Выделение кислорода зелеными насаждениями г. Тюмени // *Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии : сб. тр. LVIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Тюмень, 12 марта 2024. Тюмень : Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2024. С. 107—113. EDN: SKCWAP.*
12. *Frewen L., Grossman E., Basson C.* Mostly harmless? A survey of South African anaesthetists' knowledge and attitudes regarding environmental sustainability in the operating theatre // *Southern African Journal of Anaesthesia and Analgesia*. 2022. Vol. 28. No. 1. Pp. 35—40. DOI: 10.36303/sajaa.2022.28.1.2658. EDN: NYEEGO.
13. *Borchard N., Kasielke T., Gießelmann U. Ch.* Forest management and agroforestry in Europe: a mini review // *Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири : моногр. : в 5 т. Т. 5 / Под ред. В. Г. Сычева, Л. Мюллера. М. : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2018. С. 146—150. DOI: 10.25680/1229.2018.20.95.377. EDN: YUMQEP.*
14. *Гончаров М. Н.* Городская площадь. Основные стилевые этапы развития и архитектурно-ландшафтные приемы как норма их эстетической выразительности // *Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та*. 2009. № 4(40). С. 165—171. EDN: KXRVPN.
15. *Дробченко Н. В.* Эволюция ландшафтной архитектуры в Узбекистане: от древности до раннего средневековья // *Архитектура. Реставрация. Дизайн. Урбанистика*. 2024. № 1(3). С. 155—166. EDN: PDEFNM.
16. *Кашина И. В., Головань Ю. И.* Современные тенденции в ландшафтном проектировании // *Строительство и техногенная безопасность*. 2017. № 9(61). С. 23—27. EDN: YSF CFW.

© Сысоева Е. В., 2026

Поступила в редакцию  
11.03.2026

*Ссылка для цитирования:*

Сысоева Е. В. Принципы и уровни озеленения крупных городов России // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2026. Вып. 1(102). С. 326—336. DOI: 10.35211/18154360\_2026\_1\_326.

*Об авторе:*

**Сысоева Елена Владимировна** — канд. техн. наук, доц., доц. каф. архитектурно-строительного проектирования и физики среды, Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ). Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; SysoevaEV@mgsu.ru

**Elena V. Sysoeva**

**National Research Moscow State University of Civil Engineering**

**PRINCIPLES AND LEVELS OF GREENING OF LARGE CITIES IN RUSSIA**

The article is devoted to the problem of environmental air pollution by suspended particles  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in the territory of large Russian cities. Due to the overpopulation of the Eurasian continent, high population density, and increasing speed and volume of construction, the greening of cities is decreasing every year, despite the absolute understanding of its necessity. The lack of greening in cities leads not only to psychological impoverishment of people, but also to an environmental disaster: an increase in the density of suspended dust particles, which are a source of serious chronic and fatal diseases.

The article provides a statistical analysis of 35 Russian cities in terms of the possibility and necessity of landscaping. It concludes that there is a lack of available space in cities. The article suggests possible options for additional landscaping, such as roof gardening, which involves creating so-called green roofs. The article also proposes a classification of the five possible levels of landscaping for buildings and structures.

**Key words:** greening levels, “green” roofs, greening principles, air dustiness,  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  suspended particles.

*For citation:*

Sysoeva E. V. [Principles and levels of greening of large cities in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2026, iss. 1, pp. 326—336. DOI: 10.35211/18154360\_2026\_1\_326.

*About author:*

**Elena V. Sysoeva** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, National Research Moscow State University of Civil Engineering. 26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SysoevaEV@mgsu.ru