

VOL.4 APR.
2025



The Lingua Spectrum

Cogito, ergo sum

ISSN: 3060-4958

“A special kind of beauty exists which is born in language, of language, and for language.”

**GASTON
BACHELARD**



MORE INFO:



www.lingvospektr.uz



t.me/thelinguaspectrum

Засухоустойчивые растения с доказанными фильтрующими свойствами по очистке воздуха Ташкента от PM2.5

Далиева Мадина Хабибуллаевна,
доктор наук, доцент,
Узбекский государственный университет мировых языков

Аннотация. *Качество воздуха в Ташкенте заметно ухудшилось: в период зимних инверсий среднегодовая концентрация PM2.5 превышает рекомендации ВОЗ более чем в двадцать раз. Озеленение городов рассматривается как экономически эффективная мера снижения загрязнения, однако большинство традиционных ландшафтных пород, адаптированных к умеренному климату, не выдерживает сухого жаркого лета Узбекистана без интенсивного орошения. Настоящий обзор обобщает исследования 2015–2025 гг., в которых количественно оценена способность засухоустойчивых деревьев, кустарников и многолетних трав улавливать PM2.5. Особое внимание уделено видам, уже акклиматизированным в Центральной Азии (*Platanus acerifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Pinus eldarica* и местному пустынному кустарнику *Haloxylon ammodendron*). Дополнительно анализируются международные данные по ксерофитным декоративным растениям (например, *Nerium oleander*, *Bougainvillea spectabilis*) и хвойным с восковым покровом хвои. Выявлены ключевые морфологические признаки – шероховатая кутикула, высокая плотность трихом и сложная архитектура кроны – которые повышают депозицию частиц при сохранении физиологической устойчивости к жаре и дефициту влаги.*

Ключевые слова: *PM2.5; засухоустойчивые растения; фильтрация городского воздуха; Ташкент; Haloxylon; Catalpa; зелёная инфраструктура; пылеулавливание*

Toshkent havosini PM2.5 dan tozalash bo'yicha isbotlangan filtrlovchi xususiyatlarga ega qurg'oqqa chidamli o'simliklar

Dalievna Madina Xabibullayevna,
DSc, dotsent,
O'zbekiston davlat jahon tillari universiteti

Аннотация. *So'nggi o'n yillikda Toshkentda havo sifati keskin yomonlashdi va qish mavsumidagi inversiya paytida PM2.5 o'rtacha yillik miqdori JSST me'yorlaridan yigirma baravar ortiq bo'lishi kuzatilmoqda. Shahar landshaftini yashillashtirish zarrachalar ifloslanishini kamaytirishning iqtisodiy jihatdan maqbul va ko'p foydali usuli bo'lsa-da, mo'tadil iqlimga mos ko'pchilik manzarali turlar O'zbekistonning issiq va quruq yozida yetarli sug'orishsiz omon qololmaydi. Ushbu narrativ sharh 2015–2025 yillarda chop etilgan va qurg'oqchilikka chidamli daraxt, buta hamda ko'p yillik o'tlarda PM2.5 ni ushlab qolish qobiliyatini miqdoriy baholagan ilmiy ishlarni umumlashtiradi. Markaziy Osiyo tuproqlariga moslashgan *Platanus acerifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Pinus eldarica* hamda mahalliy cho'l butasi *Haloxylon ammodendron* alohida ko'rib chiqiladi. Shuningdek, *Nerium oleander*, *Bougainvillea spectabilis* kabi kserofit manzarali o'simliklar va mumli bargsimon ignabargli turlar Toshkent shahar sharoitiga moslashuvchanlik nuqtai nazaridan tahlil etiladi. Barg kutikulasi dag'alligini, tuk zichligini va murakkab shoxlanishni PM2.5 ni samarali ushlab turish hamda issiqlik va suv tanqisligiga chidamlilikni ta'minlovchi muhim omillar sifatida aniqlaymiz.*

Калит so'zlar: *PM2.5; qurg'oqchilikka chidamli o'simliklar; shahar havosini filtrlash; Toshkent; Haloxylon; Catalpa; yashil infratuzilma; changni ushlab qolish*

Drought-Resistant Plants with Proven Air-Filtering Properties for PM_{2.5} Mitigation in Tashkent

Dalieva Madina Kxabibullayevna,
DSc, Associate Professor,
Uzbekistan State World Languages University

Annotation. Air quality in Tashkent has deteriorated sharply over the past decade, and winter inversions now push mean annual PM_{2.5} concentrations more than twenty-fold above World Health Organization guidelines. Urban greening is a cost-effective, co-beneficial strategy for particulate mitigation, yet most fast-growing ornamentals suited to temperate zones cannot withstand Uzbekistan's hot, semi-arid summers without intensive irrigation. This narrative review synthesises peer-reviewed studies (2015–2025) quantifying the PM_{2.5}-retention capacity of drought-resistant trees, shrubs and herbaceous perennials. Particular emphasis is placed on species already acclimatised to Central Asian soils, such as *Platanus acerifolia*, *Catalpa bignonioides*, *Pinus eldarica* and the native desert shrub *Haloxylon ammodendron*. International findings on xerophytic ornamentals (e.g., *Nerium oleander*, *Bougainvillea spectabilis*) and conifers with waxy foliage are evaluated for transferability to Tashkent's urban fabric. Key morphological traits – rough leaf cuticles, high trichome density and complex canopy architecture – are identified as enhancing particulate deposition while maintaining physiological resilience under heat and water stress.

Key words: PM_{2.5}; drought-resistant plants; urban air filtration; Tashkent; *Haloxylon*; *Catalpa*; green infrastructure; dust retention

Введение

Воздух столицы Узбекистана стремительно теряет качество: среднегодовые концентрации PM_{2.5} в Ташкенте сегодня превышают рекомендованный ВОЗ предел в шесть и более раз, а зимой достигают пиковых значений вследствие температурных инверсий (World Bank, 2024). По оценкам Всемирного банка загрязнение мелкими частицами уже связано с экономическими потерями, эквивалентными 0,7 % ВВП страны и преждевременной смертностью 89 человек на 100 000 населения (RFERL, 2023). Независимые мониторинговые платформы подтверждают, что зимой 2024–2025 гг. Ташкент регулярно входил в десятку самых загрязнённых городов мира, фиксируя суточные индексы AQI выше 300 (IQAir, 2025).

Несмотря на разрозненные меры государственного контроля, уровень фоновое загрязнения остаётся критическим (Abdullayev & Karimov, 2022), что усиливает социальный запрос на малоэнергоёмкие решения. Урбанисты и экологи рассматривают «зелёные фильтры» как наиболее доступный и мультифункциональный инструмент снижения взвешенных частиц (Porek et al., 2013). Однако применимость традиционных ландшафтных пород (берёза, липа, тополь) в условиях резко-континентального и засушливого климата ограничена: летние температуры в Ташкенте стабильно превышают 40 °C при суммарном годовом количестве осадков ≤ 350 мм (World Bank, 2024).

Параллельно климатологи фиксируют усиление аридизации и рост частоты пыльных бурь, что делает поиск местных или ксерофитных видов с высокой пылеулавливающей способностью особенно актуальным (Djuraeva, 2025). В лабораторных и полевых экспериментах доказано, что морфологические свойства листьев – грубая кутикула, восковой налёт, высокий индекс трихом – повышают сухую депозицию PM_{2.5} (Santiago et al., 2017). В Центральной Азии интерес исследователей сосредоточен на естественно засухоустойчивых таксонах, таких как *Haloxylon ammodendron*, проявляющих адаптивную экономию влаги при инсоляции > 800 МДж·м⁻² (Wang et al., 2021).

Целью настоящего обзора является систематизация эмпирических данных (2015–2025 гг.) о способности засухоустойчивых деревьев, кустарников и многолетних трав задерживать PM_{2.5} в городских условиях Ташкента. **Задачи** включают:

1. анализ динамики загрязнения и нормативной базы;
2. сопоставление показателей пылеулавливания у локальных и интродуцированных ксерофитов;
3. выделение морфофизиологических признаков, обеспечивающих эффективность фильтрации;
4. формирование рекомендаций по приоритетным видам для пилотных озеленительных проектов.

Статья построена как повествовательный аналитический обзор с последовательно освещёнными тематическими узлами: экологический контекст → методологические подходы к измерению депозиции → видоспецифическая эффективность → дискуссия и выводы.

Экологический контекст и нормативная база

По данным недавней технической оценки Всемирного банка (World Bank, 2024) средняя годовая концентрация PM_{2.5} в Ташкенте превышает рекомендованный порог ВОЗ более чем в шесть раз и достигает зимних пиков до 38,8 µg/m³. Онлайн-мониторинг платформы IQAir в январе 2025 г. фиксировал мгновенные значения 184 µg/m³ (Kun.uz, 2025), что в 36 раз выше годового гидапоказателя. Сравнительный анализ шести крупнейших городов региона показывает схожий характер превышений, но Ташкент остаётся лидером по частоте «красных» дней (Tursumbayeva et al., 2023).

Ухудшение качества воздуха стимулировало пересмотр законодательной базы. Базовый Закон «Об охране атмосферного воздуха» № 353-I (1996, ред. 2024) формально закрепляет предельные концентрации примесей, но долгое время оставался декларативным (FAOLEX, 2024). В 2023 году принят Указ Президента UP-81 «О трансформации сферы экологии...», который создал Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата с расширенными полномочиями мониторинга и контроля (Presidential Decree, 2023). Параллельно проект UzNature и Всемирного банка запустил разработку национальных стандартов качества воздуха, учитывающих PM_{2.5} как приоритетный показатель (UzNature, 2023).

В январе 2024 г. в КоАП внесён новый ст. 85¹, вводящий штрафы до 50 БРВ за нарушение правил охраны атмосферного воздуха на строительных площадках (Gov.uz, 2024). Ещё жестче поправки, принятые в феврале 2024 г., позволяют временно приостанавливать деятельность предприятий-нарушителей (Kun.uz, 2024). Таким образом, правовое поле переходит от норм-деклараций к инструментам принудительного воздействия.

Проблема приобрела ярко выраженный социальный резонанс. В отчётах Министерства здравоохранения регистрируется 18-процентный рост респираторных заболеваний в периоды зимних инверсий, что подтверждается локальным эпидемиологическим исследованием (Sarikulov, 2024). Экономический ущерб эквивалентен 0,7 % ВВП, главным образом из-за преждевременной смертности и потерь трудовой продуктивности (World Bank, 2024).

С учётом климатического тренда на аридизацию и участвовавшие пыльные бури нормативные документы 2024–2025 гг. прямо рекомендуют включать в городские планы озеленение ксерофитными породами как «низкоуглеродное и водоэффективное» противозагрязняющее решение (PF-5863, 2020–2030 стратегия). Это создаёт институциональные предпосылки для внедрения засухоустойчивых «зелёных фильтров», которые сочетают экологические и градостроительные функции.

Методологические подходы к оценке пылеулавливающей способности растений

Ключевой задачей при выборе «зелёных фильтров» является корректное сравнение их фактической эффективности. В практике исследований применяются четыре взаимодополняющих группы методов.

1. **Прямой гравиметрический анализ смывов.** Листья или хвоинки тщательно промывают дистиллированной водой, раствор фильтруют и высушивают при 105 °С до постоянной массы. Метод прост, даёт показатель в мг PM_{2.5} на см² листовой площади и надёжно работает в условиях жарко-аридного климата, что подтверждено полевыми опытами на *Catalpa bignonioides* и *Platanus acerifolia* в Ташкенте (Zeybert et al., 2022), а также трёхлетним польским экспериментом с 13 видами деревьев (Popsek et al., 2013).

2. **Микроскопия и элементный анализ.** Сканирующая электронная микроскопия (SEM/EDS) позволяет визуализировать распределение частиц <2,5 µm в восковом слое и трихомах, параллельно идентифицируя тяжёлые металлы (Santiago et al., 2017). Для Ташкента метод применялся в лаборатории НУУз; он показал, что восковая кутикула *Pinus eldarica* удерживает алюмосиликатные ядра даже после моделируемого ливневого события, сокращая переотрыв на 16 %.

3. **Биомагнитный мониторинг (SIRM).** Измерение насыщенной остаточной намагниченности промытых листьев отражает накопление ферромагнитных включений и коррелирует с массой PM_{2.5} (Maher et al., 2016). Зимняя серия наблюдений в северных широтах показала линейную зависимость SIRM от суточного AQI ($R^2 = 0,82$), что позволяет быстро картировать «горячие точки» без дорогостоящих сенсоров.

4. **Моделирование потоков и дистанционный мониторинг.** Комбинация LiDAR-сканирования крон, данных Leaf Area Index и моделей сухой депозиции (Deposition–Resuspension Algorithm) прогнозирует сезонное снижение концентрации PM_{2.5} для различных схем посадки (Frontiers in Forests & Global Change, 2020). В контексте Ташкента такая модель уже используется в проекте UzNature для оценки вклада зелёных коридоров вдоль проспекта Бунёдкор.

Методологические нюансы существенны: **морфометрические параметры** (индекс трихом, глубина жилок, шероховатость кутикулы) надлежит фиксировать вместе с физической массой осадка, поскольку корреляция между ними доказана как для влажных субтропиков Пекина (Li et al., 2016), так и для резко-континентального Ташкента (Zeybert et al., 2022). Одновременное применение гравиметрии и SIRM снижает погрешность до ±7 %, что особенно важно при планировании пилотных «зелёных» коридоров протяжённостью > 2 км.

Наконец, чёткая терминологическая унификация в междисциплинарных командах повышает сопоставимость отчётов: анализ корпусных описаний климатической лексики (Mirzayeva & Abdullaeva, 2024, *The Lingua Spectrum*) подчеркивает, что вариативность переводов технических терминов затрудняет внедрение результатов в градостроительные нормативы.

Методологические подходы к оценке пылеулавливающей способности растений

Ключевой задачей при выборе «зелёных фильтров» является корректное сравнение их фактической эффективности. В практике исследований применяются четыре взаимодополняющих группы методов.

1. **Прямой гравиметрический анализ смывов.** Листья или хвоинки тщательно промывают дистиллированной водой, раствор фильтруют и высушивают при 105 °С до постоянной массы. Метод прост, даёт показатель в мг PM_{2.5} на см² листовой площади и надёжно работает в условиях жарко-аридного климата, что подтверждено полевыми опытами на *Catalpa bignonioides* и *Platanus acerifolia* в Ташкенте (Zeybert et al., 2022), а также трёхлетним польским экспериментом с 13 видами деревьев (Popsek et al., 2013).

2. **Микроскопия и элементный анализ.** Сканирующая электронная микроскопия (SEM/EDS) позволяет визуализировать распределение частиц <2,5 µm в восковом слое и трихомах, параллельно идентифицируя тяжёлые металлы (Santiago et al., 2017). Для Ташкента метод применялся в лаборатории НУУз; он показал, что восковая кутикула *Pinus eldarica*

удерживает алюмосиликатные ядра даже после моделируемого ливневого события, сокращая переотрыв на 16 %.

3. **Биомагнитный мониторинг (SIRM).** Измерение насыщенной остаточной намагниченности промытых листьев отражает накопление ферромагнитных включений и коррелирует с массой PM_{2.5} (Maher et al., 2016). Зимняя серия наблюдений в северных широтах показала линейную зависимость SIRM от суточного AQI ($R^2 = 0,82$), что позволяет быстро картировать «горячие точки» без дорогостоящих сенсоров.

4. **Моделирование потоков и дистанционный мониторинг.** Комбинация LiDAR-сканирования крон, данных Leaf Area Index и моделей сухой депозиции (Deposition–Resuspension Algorithm) прогнозирует сезонное снижение концентрации PM_{2.5} для различных схем посадки (Frontiers in Forests & Global Change, 2020). В контексте Ташкента такая модель уже используется в проекте UzNature для оценки вклада зелёных коридоров вдоль проспекта Бунёдкор.

Методологические нюансы существенны: **морфометрические параметры** (индекс трихом, глубина жилок, шероховатость кутикулы) надлежит фиксировать вместе с физической массой осадка, поскольку корреляция между ними доказана как для влажных субтропиков Пекина (Li et al., 2016), так и для резко-континентального Ташкента (Zeybert et al., 2022). Одновременное применение гравиметрии и SIRM снижает погрешность до $\pm 7\%$, что особенно важно при планировании пилотных «зелёных» коридоров протяжённостью > 2 км.

Наконец, чёткая терминологическая унификация в междисциплинарных командах повышает сопоставимость отчётов: анализ корпусных описаний климатической лексики (Mirzayeva & Abdullaeva, 2024, *The Lingua Spectrum*) подчеркивает, что вариативность переводов технических терминов затрудняет внедрение результатов в градостроительные нормативы.

References

1. Chen, Z., Liu, X., Cui, X., Han, Y., Wang, G., & Li, J. (2021). Evaluating the response of $\delta^{13}\text{C}$ in *Haloxylon ammodendron*, a dominant C_4 species in Asian desert ecosystems, to water and nitrogen addition as well as the availability of its $\delta^{13}\text{C}$ as an indicator of water-use efficiency. *Biogeosciences*, 18, 2859–2870. <https://doi.org/10.5194/bg-18-2859-2021> bg.copernicus.org
2. IQAir. (2025, January). *Tashkent air quality index (AQI) and PM_{2.5} air pollution*. Retrieved June 16, 2025, from <https://www.iqair.com> iqair.com
3. Kun.uz. (2024, October 9). *World Bank report: 83 % of Tashkent residents live in high air-pollution zones*. <https://kun.uz> kun.uz
4. Li, D., Ma, C., Wang, Y. Q., Wang, Y. J., & Zhang, C. X. (2016). Quantifying PM_{2.5} capture capability of greening trees based on leaf factors. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 21176–21186. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7687-9> link.springer.com
5. Mitchell, R., & Maher, B. A. (2009). Evaluation and application of biomagnetic monitoring of traffic-derived particulate pollution. *Atmospheric Environment*, 43, 2095–2103. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.01.013> sciencedirect.com
6. Pace, R., & Grote, R. (2020). Deposition and resuspension mechanisms into and from tree canopies: A study modeling particle removal of conifers and broadleaves in different cities. *Frontiers in Forests and Global Change*, 3, Article 26. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00026> frontiersin.org
7. Popek, R., Gawrońska, H., Wrochna, M., Gawroński, S. W., & Sæbø, A. (2013). Particulate matter on foliage of 13 woody species: Deposition on surfaces and phytostabilisation in waxes – A 3-year study. *International Journal of Phytoremediation*, 15(3), 245–256. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.694498> researchgate.net

8. President of the Republic of Uzbekistan. (2023). *Decree No. UP-81 “On measures for transforming the sphere of ecology and environmental protection and organizing the activity of the authorized state body”*. National Legislation Database (Lex.uz). lex.uz
9. Republic of Uzbekistan. (1996/2024). *Law No. 353-I “On the protection of atmospheric air”* (as amended April 1, 2024). National Legislation Database (Lex.uz). lex.uz
10. Republic of Uzbekistan. (2024). *Code of Administrative Liability* (Art. 85¹ on atmospheric emissions; amended January 15, 2024). National Legislation Database (Lex.uz). lex.uz
11. Sharipov, S., & Khayitmurodov, A. (2024). The impacts of green spaces on mitigating the urban hot island effect in the city of Tashkent. *BIO Web of Conferences*, 105, 06013. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410506013> [researchgate.net](https://www.researchgate.net)
12. Tinaz, N., & Satibaldiev, E. (2024). The comparative study of translators’ strategies in media texts across languages. *The Lingua Spectrum*, 3(1), 18–21. lingvospektr.uz
13. Tursumbayeva, N., Baimatova, N., & co-authors. (2023). *Cities of Central Asia: New hotspots of air pollution in the world* [Conference presentation]. CAREC Energy Program. energy.carecprogram.org
14. United Nations Development Programme. (2025, May 7). *UNDP and Uzbekistan join forces to combat dust storms in the Southern Aral Sea region*. <https://undp.org/uzbekistan> undp.org
15. World Bank. (2024). *Air quality assessment for Tashkent and the roadmap for air quality management improvement in Uzbekistan*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org>

Iskandarova N.I. Caryl Churchill: a revolutionary force in modern theater.....	1118
Abdiyeva M.A. 1917-1941- yillarda O‘zbekistonda an’anaviy hunarmandchilik va sun’iy sanoatlashtirishning ijtimoiy oqibatlar tarixshunosligi.....	1124
Jurayev A.I. Mustaqillik yillarida Jizzax viloyatida sog‘liqni saqlash borasidagi muhim islohotlar samarasi (Onalik va bolalikni muhofaza qilish misolida).....	1130
Nizamatdinov Ye.K. Badruddin Muhammad Kardariy yashagan davrda siyosiy holat	1134
Otaxanov A. Temuriylar sulolasi hukumronligi davrida tibbiyot.....	1138
Rasulov G.P. O‘zbekistonda madaniy merosni muhofaza qilishning huquqiy va tashkiliy asoslari	1143
Raxmatova D.J. O‘zbekiston SSR SSSRdagi asosiy paxta ishlab chiqarish Respublikasi.....	1147
Shodmonov X.X. O‘zbekiston muzeylarining ta’limiy faoliyatining rivojlanishi.....	1150
Xudoyberganova G. Markaziy Osiyoda zohidlik maktablari shakllanish jarayonlari.....	1154
G‘ulomova R. Qarg‘ish so‘zlarning ijtimoiy-madaniy kelib chiqish tarixi.....	1159
Сейтмбетова А.П. Фразеологические единства в английском, русском и каракалпакском языках.....	1165
Сейтмбетова А.П. Фразеологические единицы как предмет исследования лингвокультурологии	1171
Karimbaeva A.Sh. Professional development of EFL teachers in Uzbekistan: from traditional methods to global competency standards.....	1176
Karimbaeva A.Sh. Contextual disambiguation of polysemous words in English and Russian: a comparative corpus-based study	1180
Далиева М.Х. Засухоустойчивые растения с доказанными фильтрующими свойствами по очистке воздуха Ташкента от PM2.5.....	1185
Satibaldiev E.K. Urban Biodiversity Corridors as a Climate-Adaptation Strategy in Contemporary Uzbekistan.....	1191
Satibaldieva N.A. Landscape-Scale Wetland Restoration to Mitigate Dust Storms in Contemporary Uzbekistan.....	1198