

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА /
ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND URBAN ECONOMY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.18>

ОЦЕНКА ГАЗОЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛОС ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ГОРОДСКИХ
ДОРОГАХ И УЛИЦАХ

Научная статья

Алексиков С.В.^{1,*}, Балакин В.В.², Файзалиев А.³

¹ ORCID : 0000-0002-9017-8739;

² ORCID : ORCID: 0000-0002-7303-1372;

^{1,2,3} Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (al34rus[at]mail.ru)

Аннотация

Анализируются результаты натурных наблюдений и физического моделирования рассеяния отработавших газов автомобильного транспорта полосами зеленых насаждений разной конструкции на объектах транспортной инфраструктуры. На магистральных улицах более эффективными по отношению к зонам пешеходного движения и внешним фасадам жилых зданий оказываются полосы продуваемой и равномерно-ажурной конструкции при высоте на уровне средних этажей застройки. Приближение высоты деревьев к высоте зданий приводит к дополнительному снижению загазованности воздуха в дворовом пространстве. Приводится породный состав и дается конструкционная характеристика полос озеленения, усиливающая эффект рассеяния выбросов автомобилей.

Ключевые слова: выбросы автомобилей, зеленые насаждения, рассеяние.

AN EVALUATION OF THE GAS PROTECTION EFFECTIVENESS OF GREEN SPACE STRIPS ON URBAN
ROADS AND STREETS

Research article

Aleksikov S.V.^{1,*}, Balakin V.V.², Faizaliev A.³

¹ ORCID : 0000-0002-9017-8739;

² ORCID : ORCID: 0000-0002-7303-1372;

^{1,2,3} Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

* Corresponding author (al34rus[at]mail.ru)

Abstract

The results of in-situ observations and physical modelling of the dispersion of vehicular emissions by strips of green space of different design on transport infrastructure are analysed. On thoroughfares, strips of vented and evenly-arched construction are more effective with respect to pedestrian traffic areas and the external facades of residential buildings at the height at the level of the middle floors of the building. Bringing the height of the trees closer to the height of the buildings leads to an additional reduction of air gassiness in the courtyard space. The species composition and structural characteristics of the planting strips that enhance the dissipation effect of vehicle emissions are presented.

Keywords: vehicle emissions, green spaces, dispersion.

Введение

Озеленение является важным элементом экосистемы, способным активно противостоять негативному влиянию транспорта на жилую среду на особенно уязвимых в экологическом отношении придорожных территориях. Древесно-кустарниковые растения совместно приповерхностной почвой и травяной растительностью выводят из атмосферы вредные для здоровья ингредиенты [1].

При формировании объектов озеленения в пределах городских транспортных систем, где в наибольшей степени прослеживаются линейные источники выброса загрязняющих веществ в атмосферу, находят применение рядовые структуры насаждений, отделяющие жилые образования от транспортных коммуникаций [2], [3]. Газозащитное действие таких структур проявляется, главным образом, через отклонение вверх и рассеяние поллютантов в атмосфере. Однако в пределах ширины разделительных полос, регламентируемой на городских дорогах и улицах строительными нормами, возможна посадка ограниченного числа рядов деревьев и кустарников, что не позволяет формировать полосы озеленения достаточной плотности и часть выбросов автомобилей проходит с проезжей части в прямом направлении [4], [5]. Вместе с тем на эффективность рассеяния выбросов транспортных потоков полосами озеленения различной ширины заметное влияние оказывают другие факторы, определяющие их аэродинамические качества: высота древесных растений, густота и сомкнутость древостоя в полосе, наличие кустарников. Таким образом, возникают задачи исследования влияния конструктивных особенностей объектов озеленения, формируемых на транспортных сетях городов в границах придорожных территорий, на эффективность рассеяния и снижения концентраций атмосферных загрязнений в пределах жилых зон поселений.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на магистральных транспортных сетях городов, относящихся к III климатической области, и на моделях участков транспортных коммуникаций в комплексе работ по изучению микроклимата и качества

городской среды. При изучении процессов рассеяния отработавших газов (ОГ) автомобилей полосами зелёных насаждений использовали их модели, изготовленные в виде проволочных каркасов в масштабе 1:20, заполненных синтетическим волокном [6]. Кроме этого, использовали модели зданий, выполненные из древесно-волоконистой плиты [7]. В качестве линейного источника ОГ использовали специально спроектированный трубопровод, соединенный с выхлопной трубой автомобиля [5].

Натурные обследования включали отбор проб воздуха в характерных пунктах на поперечном сечении транспортных коммуникаций, учет интенсивности и скорости движения транспортных средств, а также регистрацию метеорологических факторов – скорости ветра, температуры и влажности воздуха [8].

При моделировании процесса рассеяния ОГ на полигоне пробы воздуха отбирались в достаточно густой сетке точек на вертикальной плоскости, перпендикулярной к оси улицы, у полос озеленения, внешнего и дворового фасадов зданий, а также в пределах защищаемой примагистральной территории. Для этого использовали полихлорвиниловые трубки, закрепленные у пунктов отбора проб на металлических стойках. Газовоздушная смесь протягивалась аспирационными установками по воздухозаборным трубкам к сосудам с раствором для поглощения оксидов азота (NO+NO₂) и колбам для определения содержания монооксида углерода (CO).

Результаты и обсуждение

По результатам химической обработки растворов и проб воздуха методом интерполяции построены линии равной концентрации (%) на вертикальной плоскости, перпендикулярной к оси улицы (рис.1 и рис.2). За 100% здесь принято содержание CO и NO+NO₂ в воздухе перед моделями.

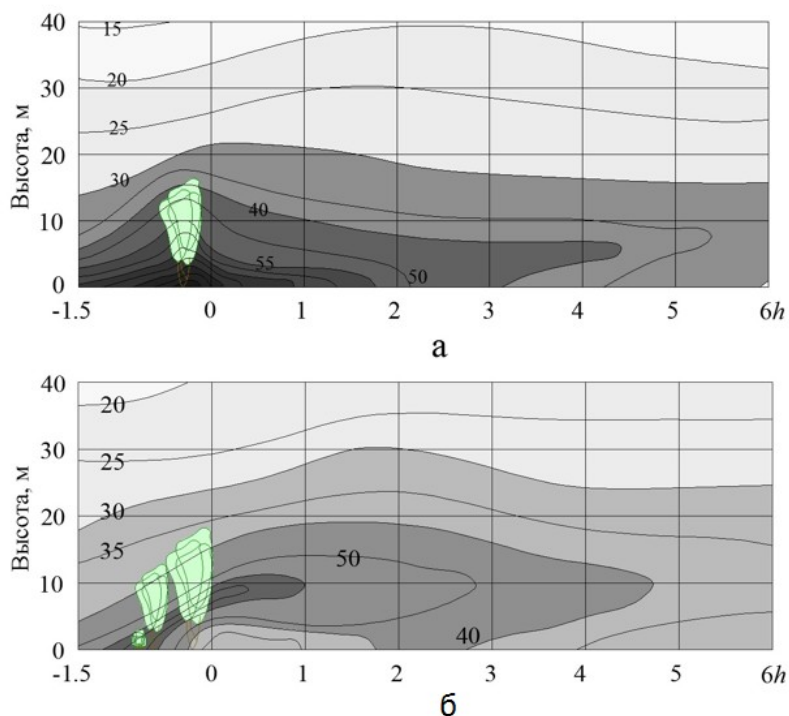


Рисунок 1 - Рассеяние CO в зоне влияния моделей рядовых посадок деревьев с открытым подкroновым пространством (а) и деревьев с кустарниками (б)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.18.1>

Примечание: h — высота объекта озеленения

Согласно результатам моделирования, при использовании для придорожного озеленения линейных продуваемых структур наблюдается локальное скопление примесей вблизи полос и плавное их рассеяние, начиная с расстояния $3h$ (рис.1а). Включение в структуру полосы кустарников приводит к снижению уровня загрязнения воздуха за полосой на территории шириной до $1,5h$. В то же время за полосой в пределах расстояния от $1,5$ до $2,5h$ — в области взаимодействия огибающего растения воздушного потока с земной поверхностью отмечается максимальный уровень загазованности (рис.1б),

Эффективность снижения концентраций ингредиентов в воздухе примагистральных территорий зелеными насаждениями рекомендуется рассчитывать по эмпирической зависимости, полученной по результатам натурных обследований [9]:

$$\omega = 48 \cdot (1 + 0,016h) \cdot K^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

где h – высота газозащитной полосы, м; K – коэффициент, характеризующий плотность полосы, получаемый путем деления площади ствола, ветвей и листвы на общую площадь древостоя в полосе на вертикальной проекции.

Наиболее эффективны в снижении загазованности на участках городских дорог плотные полосы со значением $K=0,7...1$ в пределах яруса, образуемого кустарниками и подлеском. По сравнению с полосами зеленых насаждений с открытым подкroновым пространством снижение содержания поллютантов в воздухе у них выше на 30% [4]. Поэтому в целях обеспечения высокого качества воздушной среды на пешеходных тротуарах подкroновое пространство у деревьев со стороны проезжей части следует заполнять кустарниками. В средних рядах следует высаживать деревья высокорастущих пород (тополя канадский, белый, черный, клены, вязы и др.), обеспечивающих требуемую ширину зоны влияния средозащитных полос. Наибольшую газозащитную эффективность такие объекты озеленения имеют при ширине от 15 до 30 м [10]. Однако в пределах придорожных полос озеленения данной ширины концентрации ОГ остаются высокими из-за малой скорости ветра, что следует учитывать в процессе освоения прилегающей к ним территории в целях организации общественных пространств.

Системы экранов, образованные полосами озеленения и застройкой без разрывов имеют четко очерчиваемые зоны повышенных концентраций на вертикальном профиле (рис. 2). Это связано с особенностями трансформации ветра и вовлечением в образующиеся циркуляционные зоны примесей. При этом древесно-кустарниковые растения способствуют интенсивному рассеянию ОГ в пределах всей территории, прилегающей к транспортным сооружениям с подветренной стороны.

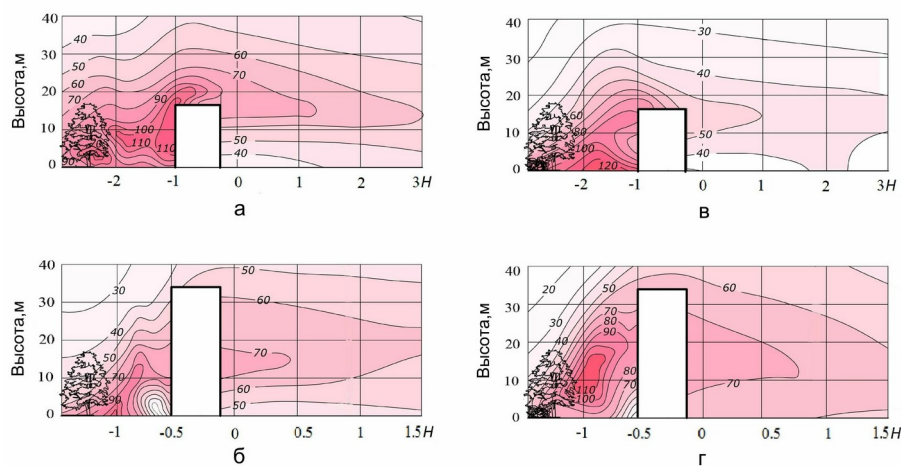


Рисунок 2 - Рассеяние $\text{NO}+\text{NO}_2$ линейными посадками деревьев и кустарников на застроенных участках городских дорог при продуваемой (а, б) и плотной (в, г) конструкции:

h — высота объекта озеленения; H — высота застройки

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.18.2>

Примечание: а, в — $h = H$; б, г — $h = 0,5H$

Газозащитную эффективность рассматриваемой градозащитной системы можно рассчитать по эмпирической зависимости, полученной по результатам натурных обследований и моделирования на экспериментальной площадке [6]:

$$\omega = 57 \left[\frac{11b^{0,22} \left(1 + 2,63K^{\frac{1}{3}} \right) h^{1,65}}{H^{1,87} e^{3,34h/H}} - 1 \right], \quad (2)$$

где b — расстояние между краем дороги и внешним фасадом здания, м; K — коэффициент, характеризующий плотность полосы; h и H — высота газозащитной полосы и застройки, м; e — основание натуральных логарифмов.

Существенным фактором, определяющим экологический эффект данной градозащитной системы, является геометрический параметр h/H , характеризующий относительную высоту полосы растений. При $h=0,5H$ отмечаются наименьшие концентрации $\text{NO}+\text{NO}_2$ между полосой плотной конструкции и застройкой (рис. 2г). При такой же высоте ещё больший газозащитный эффект дают полосы без кустарников под кронами деревьев (рис. 2б), стимулирующие интенсивное рассеяние поллютантов вблизи застройки [11].

При равной высоте полосы и многосекционного здания на поперечном сечении улицы наблюдается уменьшение концентрации ОГ вблизи его дворового фасада (рис. 2в). Это связано с увеличением траектории прохождения воздушного потока над препятствием и более эффективным рассеянием примесей. При такой высоте полосы озеленения плотной и продуваемой структуры снижают загазованность у дворовых фасадов соответственно до 50% и 20% относительно уровня загрязнения воздуха, фиксируемого при отсутствии озеленения на улице. Таким образом, путем увеличения высоты древесных растений на улицах их газозащитная роль может быть перераспределена на территорию прилегающего жилого образования. Однако здесь следует учитывать, что из-за малой скорости движения

воздуха и минимальных значений температурного градиента на улице в допуденные и вечерние часы возможно накопление примесей в зонах пешеходных коммуникаций и у фасадов зданий. Поэтому полосы озеленения с крупномерными деревьями следует использовать совместно с нежилыми зданиями на отдельных участках магистральной уличной сети или на магистральных и скоростных дорогах в окраинных зонах городов, а также в пригородных зонах с коттеджными поселками в целях защиты жилых массивов от негативного воздействия транспорта.

Заключение

Линейные структуры зеленых насаждений, формируемые на объектах транспортной инфраструктуры городов, изолируют жилые образования от негативного воздействия транспорта. Снижение концентрации поллютантов в воздухе происходит путем увеличения высоты рассеяния. Основными геометрическими и конструктивными особенностями полос озеленения, усиливающими их газозащитную эффективность, являются количество рядов, высота, плотность и сомкнутость древостоя, наличие кустарников в нижнем ярусе.

В сочетании с многосекционной застройкой на подветренной стороне магистральных улиц, по отношению к преобладающему направлению ветра, наиболее эффективными в снижении загазованности уличного пространства являются полосы продуваемой конструкции. При этом высота деревьев в составе посадок не должна превышать половины высоты зданий. Поэтому для обеспечения достаточного воздухообмена в зонах пешеходных коммуникаций и общественных пространствах, формируемых в границах городских улиц, необходимо ограничивать высоту деревьев у средних этажей путем проведения систематических конструктивных рубок, рубок ухода и стрижек.

На участках магистральных дорог для снижения загазованности прилегающих жилых образований необходимо формировать многорядные линейные структуры древесных растений шириной в пределах 15...30 м с плотными густосомкнутыми кронами и подлески с кустарниками. Для усиления средозащитной эффективности и защиты жилых массивов от негативного воздействия транспорта в сочетании с такими полосами озеленения возможно использование нежилых зданий в зонах трассирования высокотехнологичных транспортных коммуникаций с наиболее интенсивным и скоростным движением транспорта.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Чернышенко О.В. Поглощительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города / О.В. Чернышенко — М.: Московский государственный университет леса, 2001. — 120 с.
2. Кулагин Ю.З. Индустриальная дендрология и прогнозирование / Ю.З. Кулагин — М.: Наука, 1985. — 117 с.
3. Городков А.В. Ландшафтно-средозащитное озеленение и его влияние на экологическое состояние крупных городов Центральной России: дис. ... докт. с. - х. наук / Городков Александр Васильевич. — СПб; Брянск, 2000. — 443 с.
4. Смалько Я.А. Ветрозащитные особенности лесных полос разных конструкций / Я.А. Смалько — Киев: Госсельхозиздат УССР, 1963. — 191 с.
5. Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест / Ф.Л. Серебровский — М.: Стройиздат, 1985. — 172 с.
6. Балакин В.В. Комплексная оценка средозащитного воздействия линейно-полосных структур зелёных насаждений на городских дорогах и улицах / В.В. Балакин, В.Ф. Сидоренко, И.В. Сидоренко // Вестник ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. — 2016. — Вып. 44(63). — Ч.2. — с. 19-32.
7. Балакин В.В. Принципы формирования средозащитных полос зеленых насаждений на городских дорогах и улицах / В.В. Балакин // Ученые Волгограда — развитию города: сборник статей. — Волгоград: Городские вести, 2009. — с.109-111.
8. Балакин В.В. Формирование объектов озеленения комплексного средозащитного назначения на магистральных дорогах и улицах / В.В. Балакин // Евразийский союз ученых. — 2015. — 4 (13). — Ч. 9. — с. 151-153.
9. Балакин В.В. Формирование средозащитных объектов озеленения в градозащитных системах / В.В. Балакин, В.Ф. Сидоренко, М.Ю. Слесарев и др. // Вестник МГСУ. — 2019. — Т. 14. — 8. — с. 1004-1022. — DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022
10. Балакин В.В. Закономерности рассеивания отработавших газов автомобильного транспорта на примыкающей территории / В.В. Балакин // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: материалы V международной научно-технической конференции (21-23 мая 2008. Пенза). — Пенз. гос.ун-т архитектуры и строительства, 2008. — Ч. 2. — с. 189-194.
11. Балакин В.В. Рассеяние отработавших газов автомобильного транспорта в системе «магистраль – зелёная полоса – здание» / В.В. Балакин, В.Ф. Сидоренко // Тенденции и перспективы развития науки XXI века: сборник статей международной научно-практической конференции (28 января 2016. Сызрань, Россия). — Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2016. — Ч. 2. — с. 25-28.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chernyshenko O.V. Poglottitel'naya sposobnost i gazoustoichivost drevesnykh rasteni v usloviyakh goroda [Absorption Capacity and Gas Resistance of Woody Plants in Urban Conditions] / O.V. Chernyshenko. — M.: Moscow State Forest University, 2001. — 120 p. [in Russian]
2. Kulagin Yu.Z. Industrial'naya dendrologiya i prognozirovaniye [Industrial Dendrology and Forecasting] / Yu.Z. Kulagin. — M.: Nauka, 1985. — 117 p. [in Russian]
3. Gorodkov A.V. Landshaftno-sredozashchitnoye ozeleneniye i ego vliyaniye na ekologicheskoye sostoyaniye krupnykh gorodov Centralnoy Rossii [Landscape and Environmental Protection Gardening and its Impact on the Ecological State of Large Cities in Central Russia]: dis. ... of PhD in Agricultural Sciences / Gorodkov Aleksandr Vasilevich. — Saint Petersburg; Bryansk, 2000. — 443 p. [in Russian]
4. Smalko Ya.A. Vetrozashchitnyye osobennosti lesnykh polos raznykh konstruksii [Windproof Features of Forest Strips of Different Designs] / Ya.A. Smalko. — Kyiv: Gosselkhozizdat, 1963. — 191 p. [in Russian]
5. Serebrovski F.L. Aeratsiya zhiloi zastroiki [Aeration of Residential Buildings] / F.L. Serebrovski. — M.: Strojizdat, 1971. — 112 p. [in Russian]
6. Balakin V.V. Kompleksnaya otsenka sredozashchitnogo vozdeistviya lineino-polosnykh struktur zelyonykh nasazhdenii na gorodskikh dorogakh i ulitsakh [Comprehensive Assessment of the Environmental Impact of Linear-strip Structures of Green Spaces on Urban Roads and Streets] / V.V. Balakin, V.F. Sidorenko, I.V. Sidorenko // Vestnik VolgGASU. Ser. Stroitel'stvo i arkhitektura [Bulletin of VolgSASU. Ser. Construction and Architecture]. — 2016. — Iss. 44(63). — Pt. 2. — p.19-32 [in Russian]
7. Balakin V.V. Printsipy formirovaniya sredozashchitnykh polos zelyonykh nasazhdenii na gorodskikh dorogakh i ulitsakh [Principles of Formation of Environmental Protection Strips of Green Spaces on City Roads and Streets] / V.V. Balakin // Uchyonye Volgograda — razvitiyu goroda: sbornik statey [Scientists of Volgograd — the Development of the City: a collection of articles]. — Volgograd: City News, 2009. — p. 109-111. [in Russian]
8. Balakin V.V. Formirovaniye obektov ozeleneniya kompleksnogo sredozashchitnogo naznacheniya na magistralnykh dorogakh i ulitsakh [Formation of Landscaping Facilities for Complex Environmental Protection Purposes on Main Roads and Streets] / V.V. Balakin // Evraziiskii soyuz uchyonykh [Eurasian Union of Scientists]. — 2015. — 4 (13). — Pt. 9. — p. 151-153. [in Russian]
9. Balakin V.V. Formirovaniye sredozashchitnykh obektov ozeleneniya v gradoekologicheskikh sistemakh [Formation of Environmental Protection Objects of Landscaping in Urban Ecological Systems] / V.V. Balakin, V.F. Sidorenko, M.YU. Slesarev // Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]. — 2019. — Vol. 14. — 5. — p. 1004-1022. — DOI: 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022 [in Russian]
10. Balakin V.V. Zakonomernosti rasseivaniya otrabotavshikh gazov avtomobilnogo transporta na primagistralnoi territorii [Patterns of Dispersion of Exhaust Gases of Motor Transport on the Mainline Territory] / V.V. Balakin // Problemy avtomobil'no-dorozhnogo kompleksa Rossii: materialy V mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (21-23 maya 2008. Penza) [Problems of the Automobile and Road Complex of Russia: materials of the V International Scientific and Technical Conference (May 21-23, 2008, Penza, Russia)]. — Penza State University of Architecture and Construction, 2008. — Pt. 2. — p. 189-194. [in Russian]
11. Balakin V.V. Rasseyanie otrabotavshikh gazov avtomobilnogo transporta v sisteme «magistral – zelyonaya polosa – zdanie» [Dispersion of Exhaust Gases of Motor Transport in the «Highway – Green Lane – Building» System] / V.V. Balakin, V.F. Sidorenko // Tendentsii i perspektivy razvitiya nauki XXI veka: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (28 yanvarya 2016. Syzran', Rossiya) [Trends and Prospects for the Development of Science of the XXI Century: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference (January 28, 2016, Syzran, Russia)]. — Ufa: OMEGA SCIENCES, 2016. — Pt. 2. — p. 25-28. [in Russian]