

УДК 621.43.065.001.57

М. В. Кунаш¹,
К. Ф. Саевич², доктор биологических наук, профессор,
И. А. Сацкевич³,
Д. Ф. Кольга⁴, кандидат технических наук, доцент,
Т. В. Молош⁵, кандидат технических наук, доцент

¹Учреждение образования «Барановичский государственный университет», ул. Войкова, 21, 225404 Барановичи, Республика Беларусь, +375 (0163) 66 53 74, marinavainilovich@mail.ru

^{1, 2, 3}Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет», пр-т Партизанский, 26, 220070 Минск, Республика Беларусь, +375 (017) 209 88 16

^{4, 5}Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», пр-т Независимости, 99, 220023 Минск, Республика Беларусь, +375 (017) 267 47 71

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

В статье рассмотрены вопросы загрязнения воздушной среды при эксплуатации городских транспортных средств, связанные с выбросами автомобильных двигателей. Предлагаются мероприятия по снижению выбросов автомобилей для улучшения экологической обстановки в городе Минске и снижения их негативного влияния на здоровье населения.

Ключевые слова: воздушная среда; выбросы; двигатель; мероприятия; транспорт; экологическая обстановка; здоровье.

Рис. 2. Библиогр.: 13 назв.

M. V. Kunash¹,
K. F. Saevich², DSc in Biological Sciences, Professor,
I. A. Satsukevich³,
D. F. Kolga⁴, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
T. V. Molosh⁵, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

¹Institution of Education "Baranavichy State University", 21 Voykova Str., 225404 Baranavichy, the Republic of Belarus, +375 (0163) 66 53 74, marinavainilovich@mail.ru

^{1, 2, 3}Institution of Education "Belarusian State University of Economics", 26 Partizansky Ave., 220070 Minsk, the Republic of Belarus, +375 (017) 209 88 16

^{4, 5}Institution of Education "Belarusian State Agrarian Technical University", 99 Nezavisimosti Ave., 220023 Minsk, the Republic of Belarus, +375 (017) 267 47 71

WAYS TO REDUCING THE IMPACT OF VEHICLE EMISSIONS ON THE AIR QUALITY

The article discusses the issues of air pollution caused by the operation of urban vehicles and the emissions from automobile engines. Measures to reduce automobile emissions in order to improve the environmental situation in Minsk and reduce their negative impact on public health are proposed.

Key words: air environment; emissions; engine; activities; transportation; environmental situation; health.

Fig. 2. Ref.: 13 titles.

Введение. В начале прошлого века трудно было предположить, что через 100 лет гигантские масштабы автомобилизации будут представлять реальную опасность для жизнедеятельности человека. Опасность воздействия выбросов транспортных средств увеличивается вследствие того, что вредные компоненты этих газов поступают непосредственно в атмосферный воздух в населенных пунктах, где естественный обмен воздуха ограничен вследствие плотной застройки, что сказывается на здоровье человека: усиливает нервную напряженность людей, представляющую опасность для участников дорожного движения,

снижает их внимательность, производительность труда, а также эффективность отдыха населения. Кроме того, повышается вероятность возникновения нервных, сердечно-сосудистых, дыхательных, желудочных и других заболеваний.

В связи с этим выполнялись исследования по оценке воздействия загрязняющих веществ от автомобильного транспорта, тракторов и другой коммунальной техники на состояние воздуха и здоровье жителей города Минска [1; 2].

Для этого решались следующие задачи:

- 1) определить основные загрязняющие вещества при выбросе транспорта;
- 2) провести оценку состояния атмосферного воздуха города Минска и изучить характер воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека;
- 3) разработать предложения по снижению влияния выбросов автотранспорта на воздушную среду и здоровье населения.

Актуальность данной проблемы обусловлена возрастающим количеством транспорта, а также влиянием его воздействия на качество городской среды и здоровье жителей городов.

Материалы и методы исследования. Транспорт городов, выполняя свою важнейшую социально-экономическую функцию, потребляет большое количество топливно-энергетических и других ресурсов. При производстве и эксплуатации транспортных средств окружающей среде и обществу наносится значительный экологический ущерб: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и на почвенные экосистемы, транспортный шум и вибрация, загрязнение живого надпочвенного покрова и водных ресурсов, образование отходов, изъятие земельных и лесных ресурсов при строительстве транспортной инфраструктуры и производственных мощностей машиностроения.

Общий мировой парк автомобилей в настоящее время насчитывает более 2 млрд единиц, из которых 83...85 % составляют легковые автомобили, а 15...17 % — грузовые и автобусы. Транспорт, с одной стороны, потребляет из атмосферы кислород, с другой — выбрасывает в нее отработавшие газы, картерные газы и углеводороды вследствие испарения их из топливных баков и негерметичности систем подачи топлива. Транспорт также является активным потребителем кислорода воздуха: в городах он поглощает кислорода больше, чем все их население [3].

Кроме недостатка кислорода существует другая проблема: воздух городов насыщен вредными веществами автомобильных выхлопов, которые загрязняют атмосферный воздух на высоте человеческого роста, а маленькие дети дышат этими выбросами на уровне выхлопной трубы. Выбросы от транспорта распространяются непосредственно на улицах города вдоль дорог, оказывая прямое вредное воздействие на пешеходов, жителей расположенных рядом домов и растительность. Выявлено, что зоны с превышением предельно допустимой концентрации по диоксиду азота и оксиду углерода иногда охватывают до 90 % городской территории, особенно в период установления смога.

В проведенной работе в результате анализа данных Белгидромета выявлена динамика концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Минска, а также изучены основные методы снижения отрицательного воздействия транспорта на атмосферный воздух города Минска [4; 5].

Объектом исследования являлся атмосферный воздух города Минска, предметом — воздействие транспорта на окружающую среду.

В основном были использованы следующие методы:

- стационарный (данные были предоставлены Белгидрометом);
- наблюдение (для получения данных и описания состояния атмосферного воздуха города Минска);
- сравнительный (были проанализированы данные о концентрациях загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в различных районах города Минска);
- исторический (для изучения динамики концентрации загрязняющих веществ в городе Минске);

– моделирование (для оценки воздействия различных механизмов на уменьшение загрязнения атмосферного воздуха города Минска).

По тому, как меняются показатели исследуемого объекта, можно судить о его состоянии на данный момент, а также выявить тенденции к изменению его состояния, скорости, размеров и направление этих изменений.

Результаты исследования и их обсуждение. В процессе эксплуатации транспорта в атмосферный воздух попадает большое количество загрязняющих веществ, содержащихся в отработавших газах силовых установок. Наиболее канцерогенными из них являются: оксид углерода, диоксида азота и серы, сажа, альдегиды, соединения тяжелых металлов, углеводороды (рисунок 1).

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух включают выбросы от мобильных и стационарных источников выбросов [6].

Мобильные источники выбросов — транспортные средства, самоходные машины, работа двигателей которых влечёт за собой выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Стационарные источники выбросов — источники выбросов, перемещение которых без демонтажа невозможно и местоположение которых может быть определено с применением единой государственной системы координат либо которые могут быть перемещены посредством транспортного или иного передвижного средства, но требуют неподвижного (стационарного) положения в процессе их эксплуатации [6].

За период с 2005 по 2023 год количество автомобилей в республике возросло на 75 %, при этом доля личных автомобилей за указанный период составила более 83 % с постоянной тенденцией к увеличению. При этом 21 % автопарка республики сосредоточен в городе Минске. В настоящее время проблема загрязнения атмосферного воздуха постоянно обостряется в связи с резким ростом парка транспортных средств, суммарной мощности двигателей и, соответственно, расхода топливно-энергетических ресурсов [7].

Наиболее вредное воздействие транспортной системы на окружающую среду в целом и атмосферный воздух в частности оказывает автомобильный транспорт, тракторы и коммунальная техника. Их доля в общем объеме выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от мобильных источников загрязнения составляет более 80 %.



Рисунок 1. — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Беларусь (тыс. т) [6]

Рост парка транспортных средств и потребления топлива сказывается на увеличении объемов выбросов загрязняющих веществ от мобильных источников в городе Минске при относительной их стабилизации в последние годы. Доля выбросов от мобильных источников в валовом объеме выбросов загрязняющих веществ Республики Беларусь в последние годы составляет 78 %. Однако по некоторым направлениям отмечается сокращение выбросов загрязняющих веществ мобильными источниками: это происходит за счет обновления парка транспортных средств, ужесточения государственного экологического контроля, увеличения объемов использования газообразного топлива и электрической энергии.

Совместно с Белгидрометом было проведено изучение состояния атмосферного воздуха. В результате определены средние концентрации ($\text{мг} / \text{м}^3$) загрязняющих веществ (оксида углерода, диоксида азота, аммиака и свинца) в разных частях города Минска за 2021—2022 годы. Исследования проводились на участке, ограниченном улицами Судмалиса, Бобруйской, М. Богдановича, Щорса (рисунок 2).

В районе дома № 16 на улице Судмалиса среднемесячное значение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе города Минска было превышено. В июле 2018 года оно составило $500 \text{ мг} / \text{м}^3$, в августе и сентябре 2019 года — 527 и $523 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно, в июне и сентябре 2021 года — 515 и $521 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно.

В районе дома № 8 на улице Бобруйской среднемесячное значение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе города Минска также превысило в январе 2017 года ($506 \text{ мг} / \text{м}^3$) допустимые значения.

На улице Челюскинцев, дом № 22, среднемесячное значение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе города Минска также превысило норму в январе, марте, июле и декабре 2017 года — 502 , 523 , 547 и $548 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно; в январе, июле, августе и октябре 2018 года — 519 , 662 , 589 и $628 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно; в апреле 2019 года — $587 \text{ мг} / \text{м}^3$.

В районе улицы М. Богдановича, дом № 254, среднемесячное допустимое содержание оксида углерода в атмосферном воздухе города Минска было превышено в январе, феврале, марте, августе, сентябре, ноябре и декабре 2017 года — 692 , 504 , 569 , 522 , 615 , 633 и $564 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно; в январе, феврале, марте, апреле, мае, октябре, ноябре и декабре 2018 года — 523 , 558 , 523 , 632 , 542 , 748 , 630 и $558 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно; в феврале, марте и августе 2021 года 558 , 748 и $506 \text{ мг} / \text{м}^3$ соответственно.

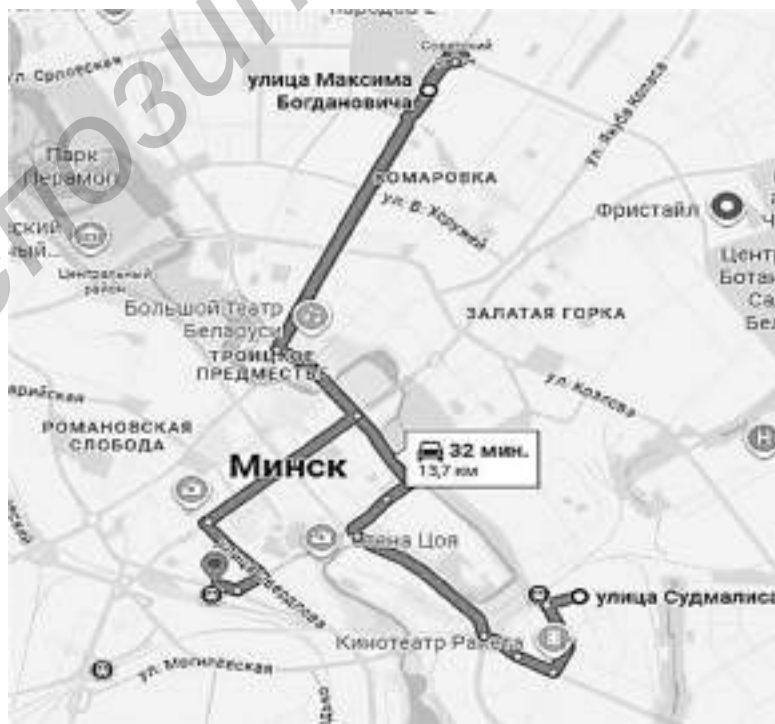


Рисунок 2. — Участок исследования

Стоит отметить, что среднегодовое превышение допустимого содержания оксида углерода в атмосферном воздухе в районе улицы М. Богдановича за 2017, 2018, 2021 и 2022 годы было больше нормы на 26, 46, 37 и 30 мг / м³ соответственно. В 2019—2022 годах отметилась тенденция к уменьшению концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе.

В районе улицы Щорса, дом № 5, среднемесячное значение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе города Минска было превышено в январе и ноябре 2017 года — 578 и 502 мг / м³ соответственно; в феврале, марте, мае, июне, июле, августе, сентябре, октябре, ноябре и декабре 2018 года — 583, 542, 554, 639, 860, 828, 808, 737, 656 и 582 мг / м³ соответственно; в марте, июне, августе и октябре 2021 года — 824, 749, 804 и 669 мг / м³ соответственно.

Выполнение измерений было проведено с помощью газоанализатора переносного ГАНК-4 Ех.

Значительный рост парка транспортных средств влечет за собой увеличение потребления дизельного топлива при практически неизменном росте потребления бензина. В последние годы отмечается значительное развитие технологий дизельных двигателей, что привело к изменению уровня выбросов и состава выхлопных газов. Выхлопные газы дизельных двигателей представляют собой сложную смесь газообразных и твердых частиц, образующихся при сгорании дизельного топлива. Их количество и состав зависят от типа, состояния и наличия технического обслуживания двигателя, состава и свойств топлива, а также применяемых методов последующей обработки выхлопных газов.

Основными газообразными компонентами отработанных газов дизельного топлива являются диоксид углерода, кислород, азот, водяной пар, окиси азота и окись углерода. Кроме того, в газовой фазе может выделяться диоксид серы и различные органические соединения, такие как низкомолекулярные карбонилы, карбоновые кислоты, алканы, алкены и ароматические вещества. Помимо газов и паров, выхлопные газы содержат мельчайшие частицы, которые образуются в процессе сгорания и последующей конденсации соединений газовой фазы. Выхлопные частицы дизельного топлива легко вдыхаются. Из-за своего небольшого размера частицы могут достигать легочных альвеол — чувствительной газообменной области легких. Выхлопные газы дизельного двигателя обладают неприятным запахом. Их воздействие на организм может вызвать раздражение глаз, носа и горла, а также изменения в функции кровеносных сосудов, профессиональное заболевание легких [8; 9].

В июне 2012 года Международное агентство по изучению рака (МАИР) обновило свою оценку канцерогенности дизельных выхлопных газов и переклассификации дизельных выхлопных газов как канцерогенных для человека (группа 1). В связи с проводимой в стране программой широкой дизелизации транспортно-тяговых средств наиболее существенными являются вопросы защиты атмосферы от загрязнения токсичными компонентами отработавших газов дизельных двигателей. Необходима дополнительная информация о фактических уровнях воздействия на рабочих местах, где используются новые технологии дизельных двигателей. Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012), работающих на дизельном топливе, установлены следующие требования: выбросы вредных веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей, не должны превышать установленных значений в соответствии с диапазоном их мощности:

- E2 — до 31 января 2024 года*;
- D, G — до 1 января 2025 года;
- E1, F — до 1 октября 2025 года;
- K, J — с 1 января 2025 года;
- H, I — с 1 октября 2025 года.

*Данные требования были установлены с 24 мая 2024 года (решение Совета ЕЭК от 12.04.2024 № 32 «О внесении изменений в технический регламент Таможенного союза “О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним” (ТР ТС 031/2012)»).

В связи с увеличением спроса населения на транспортные услуги при обеспечении экологической безопасности транспортного комплекса страны имеется ряд нерешенных проблем: наблюдается тенденция старения парка транспортных средств; требует развития технической уровень транспортной техники и оборудования; необходимо совершенствование взаимодействия различных отраслей, связанных с разработкой, производством, эксплуатацией и утилизацией транспортных средств [10—12].

Существуют примеры успешных практик из других городов мира, которые смогли существенно снизить уровень загрязнения воздуха:

– Копенгаген (Дания) — город активно развивает велосипедную инфраструктуру. Более 60 % жителей используют велосипеды для передвижения, что способствует снижению выбросов и улучшению качества воздуха;

– Барселона (Испания) — в городе внедрена программа «Суперблоки» (Superblocks), ограничивающая движение автомобилей в определенных районах. Это создало больше пространства для пешеходов и велодорожек, улучшив качество воздуха;

– Сингапур — использует систему «платного въезда» (Electronic Road Pricing), которая взимает плату за въезд в централизованные зоны в часы пик;

– Лондон (Великобритания) — внедрены зоны низких выбросов (Ultra-low Emission Zone), где действуют строгие требования к автомобилям. Это способствовало значительному снижению загрязняющих веществ;

– Стокгольм (Швеция) — реализовал систему «платного въезда» и активно развивает общественный транспорт. В результате город смог сократить выбросы углекислого газа и улучшить качество воздуха;

– Берлин (Германия) — развивает электрический общественный транспорт и внедряет программы по переходу на экологически чистое топливо для автобусов.

Эти примеры показывают, как различные города мира применяют разнообразные стратегии для снижения загрязнения воздуха и улучшения экологической ситуации.

Очень важно установить баланс между экономической и социальной пользой транспорта и отрицательными последствиями его эксплуатации для общества и окружающей среды с учетом как международных обязательств Республики Беларусь, так и реальной социально-экономической обстановки в стране. Одним из недавних достижений в области охраны окружающей среды в Беларуси стало принятие «Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года» [13].

Заключение. Проблемы, связанные с воздействием транспорта на окружающую среду, носят комплексный характер и должны решаться совместными усилиями специалистов в области машиностроения, технической эксплуатации транспортных средств, организации транспортных перевозок, безопасности дорожного движения, дорожного строительства для минимизации воздействия транспорта на атмосферный воздух.

Решение этих проблем связано с внедрением следующих мероприятий:

– модернизация и организация новых технологий, а также проектирование и производство мобильной техники с учетом требований экологической безопасности;

– переход на более чистые виды топлива с улучшенными экологическими характеристиками;

– экономичность и экологичность использования топлива в процессе эксплуатации транспортных средств;

– увеличение площадей зелёных насаждений.

Снижение загрязнения воздуха городов может быть достигнуто при использовании электрического общественного транспорта. В Беларуси в настоящее время развиваются различные виды транспорта на электрической тяге: велосипеды, байки, мотоциклы, автомобили, автобусы, электропоезда. Электрический общественный колесный транспорт (электробусы) способен перевозить значительные объемы пассажиров при минимальном воздействии на окружающую среду.

Список цитируемых источников

1. Голицын, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды / А. Н. Голицын. — М. : Оникс, 2010. — 336 с.
2. Денисов, В. И. Проблемы экологизации автомобильного транспорта / В. И. Денисов, В. А. Роголев. — СПб. : МАПЭБ, 2005. — 312 с.
3. Подгорнова, Н. А. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути решения / Н. А. Подгорнова // Молодой ученый. — 2016. — № 22.2 (126.2). — С. 48—50.
4. Шишков, Ю. А. Хрупкая экосистема Земли и безответственное человечество / Ю. А. Шишков // Наука и жизнь. — 2004. — № 12. — С. 2—11.
5. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2021. — URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 20.09.2025).
6. Загрязнение атмосферного воздуха и разрушение озонового слоя. — URL: <https://www.belstat.gov.by/-ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/a-zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-i-razrushenie-ozonovogo-sloya/a-1-vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv-v-atmosferny-i-vozduh/> (дата обращения: 20.09.2025).
7. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2020 г. / под общ. ред. Е. П. Богодяж. — Минск : Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу, 2021. — 591 с., ил. 576. — URL: <https://nsmos.by/publikacii/2020> (дата обращения: 20.09.2025).
8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. — Минск : Выш. шк., 2023. — 407 с.
9. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. — Минск : РИВШ, 2023. — 404 с.
10. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества / В. Н. Босак [и др.]. — Горки : БГСХА, 2020. — 152 с.
11. Графкина, М. В. Экология и экологическая безопасность автомобиля : учеб. для студентов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / М. В. Графкина, В. А. Михайлов, К. С. Иванов ; под общ. ред. М. В. Графкиной. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2016. — 320 с.
12. Собгайда, Н. А. Методы контроля качества окружающей среды : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и 20.03.01 «Техносферная безопасность» / Н. А. Собгайда. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2016. — 112 с.
13. Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2035 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 24 янв. 2021 г. № 370 : утв. приказом М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 24.12.2021 № 370-ОД. — URL: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2021/strategija-oxr.okr.sredy-do-2035g..pdf> (дата обращения: 20.09.2025).

Поступила в редакцию 06.10.2025.