

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

¹Р.А. Давлатшоев, ²М.К. Бутаев, ¹Б.Ж. Маджидов, ¹Ф. Джобиров

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

²Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

В статье рассматривается современное состояние экологической безопасности автомобильного транспорта Республики Таджикистан. Проведен анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха автотранспортными средствами, оценены причины роста выбросов вредных веществ и их последствия для окружающей среды. Отмечены основные проблемы управления природоохранной деятельностью в транспортной сфере. Предложены направления совершенствования экологического контроля, регулирования автопарка и перехода на экологически безопасные виды топлива, включая электромобили, гибридные и газомоторные транспортные средства. Представлены количественные данные по выбросам загрязняющих веществ и динамике автопарка с 2022 по 2024 годы. Работа содержит рекомендации по законодательным, техническим и организационным мерам для повышения экологической безопасности транспортного сектора страны.

Ключевые слова: автотранспорт, выбросы, загрязнение воздуха, экологическая безопасность, Таджикистан, электромобили, гибридные автомобили, $PM_{2.5}$.

ТАҲЛИЛИ БЕХАТАРИИ ЭКОЛОҒИ ВА ТАЪСИРИ НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛӢ БА МУҲИТИ ЗИСТИ ҶУМӢУРИИ ТОҶИКИСТОН

Р.А. Давлатшоев, М.Қ. Бутаев, Б.Ж. Маджидов, Ф. Ҷобиров

Дар мақола ҳолати муносири беҳатарии экологии нақлиёти автомобилӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ шудааст. Сатҳи ифлосшавии атмосфера аз ҷониби воситаҳои нақлиёт таҳлил гардида, сабабҳои афзоиши ихроҷи моддаҳои зараровар ва таъсири онҳо ба муҳити зист арзёбӣ шудаанд. Муаммоҳои асосии идоракунии ғайриқонунии ҳифзи муҳити зист дар соҳаи нақлиёт қайд шудаанд. Роҳҳои тақмил додани назорати экологӣ, танзими автопарк ва гузариш ба намудҳои нақлиёти экологӣ — аз ҷумла электромобилҳо, нақлиёти гибридӣ ва газомоторӣ пешниҳод гардидааст. Маълумоти микдорӣ оид ба ихроҷи моддаҳои ифлоскунанда ва динамикаи воситаҳои нақлиёти автомобилӣ (ВНА) дар давраи солҳои 2022–2024 оварда шудаанд. Мақола тавсияҳо оид ба ҷораҳои қонунгузорӣ, техникаву ташкилӣ барои баланд бардоштани беҳатарии экологии соҳаи нақлиёт дар кишвар пешниҳод менамояд.

Калидвожаҳо: нақлиёти автомобилӣ, ихроҷ, ифлосшавии ҳаво, амнияти экологӣ, Тоҷикистон, электромобилҳо, автомобилҳои гибридӣ, $PM_{2.5}$.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL SAFETY AND THE IMPACT OF ROAD TRANSPORT ON THE ENVIRONMENT IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

R.A. Davlatshoev, M.K. Butaev, B.Zh. Madjidov, F. Jobirov

The article examines the current state of environmental safety of road transport in the Republic of Tajikistan. An analysis of air pollution levels caused by motor vehicles is carried out, the reasons for the increase in harmful emissions and their environmental impacts are assessed. The main challenges in managing environmental protection activities within the transport sector are identified. The paper proposes directions for improving environmental monitoring, regulating the vehicle fleet, and transitioning to environmentally friendly fuels, including electric, hybrid, and gas-powered vehicles. Quantitative data on pollutant emissions and fleet dynamics from 2022 to 2024 are presented. The study provides recommendations on legislative, technical, and organizational measures to enhance the environmental safety of the country's transport sector.

Keywords: road transport, emissions, air pollution, environmental safety, Tajikistan, electric vehicles, hybrid vehicles, $PM_{2.5}$.

Введение

Автотранспортный комплекс Республики Таджикистан является одной из ключевых отраслей экономики, обеспечивая более 90% перевозок грузов и пассажиров [1]. Однако его интенсивное развитие сопровождается значительным негативным воздействием на окружающую среду.

Транспортный сектор является одним из крупнейших источников загрязнения атмосферы во всех регионах страны, особенно в городе Душанбе, Согдийской и Хатлонской областях, Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО), а также в районах Республиканского подчинения (РРП) [2]. Рост количества автомобилей, низкое качество топлива и техническое состояние автопарка усиливают нагрузку на экосистему и создают угрозу экологической безопасности населения.

1. Состояние экологической безопасности транспортного сектора

В последние годы в стране наблюдается значительное увеличение числа зарегистрированных автотранспортных средств (АТС). Одновременно изменяется структура автопарка: появляются новые категории транспортных средств, включая электромобили и мотоциклы. Однако рост автопарка на фоне ограниченного развития транспортной инфраструктуры сопровождается определёнными экологическими рисками, связанными с эксплуатацией АТС.

Анализ состояния транспортного сектора и его влияния на экологическую безопасность выполнен на основе официальных статистических данных о количестве зарегистрированных механических транспортных средств (МТС) — легковых, грузовых автомобилей, автобусов, мотоциклов, прицепов и полуприцепов — зафиксированных на территории республики в период 2019–2024 гг.

Таблица 1 – Количество транспортных средств [6, 12]

Год	Всего ТС	Легковые (обычные / эл.)	Грузовые (обычные / эл.)	Автобусы (обычные / эл.)	Мотоциклы	Прицепы	Полуприцепы
2019	504 785	442 533 / 0	40 853 / 0	15 731 / 113	3 249 / 0	2 086	333
2020	507 361	444 905 / 0	40 869 / 0	15 811 / 113	3 343 / 0	2 106	327
2021	527 332	463 939 / 0	42 145 / 0	15 515 / 159	3 411 / 145	2 002	320
2022	601 136	524 045 / 0	51 781 / 0	16 491 / 138	3 726 / 587	4 246	847
2023	666 074	587 074 / 2 417	52 362 / 0	16 554 / 210	4 071 / 584	5 167	846
2024	701 231	606 296 / 29 116	53 967 / 0	16 520 / 160	19 441 / 5 081	5 164	843

Анализ данных показывает следующие тенденции:

Общий рост числа зарегистрированных транспортных средств с 504 785 в 2019 году до 701 231 в 2024 году, что соответствует увеличению автопарка на ~39%.

Существенный рост доли электромобилей, особенно среди легковых транспортных средств: с нуля в 2019–2021 гг. до 29 116 в 2024 году.

Увеличение количества мотоциклов и прицепов, что связано с ростом мобильности населения и развитием малотоннажных грузоперевозок.

Незначительное изменение числа автобусов и грузовых автомобилей, что указывает на стабильность в сегменте общественного транспорта и тяжёлых перевозок.

Эти изменения в структуре автопарка оказывают прямое влияние на экологическую безопасность, включая качество воздуха, уровень шума и потребление энергии. Особенно важна динамика внедрения электромобилей, которая может снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшить экологическую ситуацию в городских и пригородных районах.

Таким образом, рост числа автомобилей и изменение их структуры напрямую определяют уровень антропогенной нагрузки на окружающую среду и подчеркивают актуальность внедрения экологически чистых транспортных технологий.

2. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду

В настоящее время доля автомобильного транспорта приходится на большую часть всех вредных выбросов в окружающую среду. Эти выбросы являются главным источником загрязнения атмосферы, особенно в крупных городах. В среднем при пробеге 15 тыс. км в год каждый автомобиль сжигает около 2 т топлива и потребляет примерно 26–30 т воздуха, в том числе около 4,5 т кислорода, что в 50 раз превышает его потребление человеком. При этом автомобиль выбрасывает в атмосферу (кг/год): угарного газа – 700, диоксида азота – 40, несгоревших углеводородов – 230 и твердых частиц – 2–5. Кроме того, выделяется значительное количество соединений свинца из-за применения в большинстве стран этилированного бензина [4].

За последнее десятилетие в Таджикистане наблюдается почти двукратный рост объёма вредных выбросов в атмосферу, при этом транспортный сектор остаётся основным загрязнителем.

Согласно данным Агентства по статистике Республики Таджикистан за 2022–2024 гг., суммарный объём выбросов достиг 1 757 тыс. тонн, при этом около 88 % загрязнений приходится на мобильные источники, тогда как стационарные объекты обеспечивают лишь 12 % от общего объёма [3].



Рисунок 1 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (2022–2024 гг.)

Анализ графика (рисунок 1) показывает:

- Количество выбросов автотранспорта возросло с 480 тыс. тонн в 2022 году до 562,9 тыс. тонн в 2024 году.

- Выбросы от стационарных источников колебались: 66,4 тыс. тонн (2022) → 78 тыс. тонн (2023) → 55,1 тыс. тонн (2024).
- Основной вклад в загрязнение атмосферы по-прежнему вносит автотранспорт (91 % в 2024 году).

В таблице 2 приведены данные о выбросах вредных веществ в атмосферу от стационарных и мобильных источников по регионам Республики Таджикистан за 2022–2024 годы.

Таблица 2 – Выбросы вредных веществ от стационарных и мобильных источников по регионам (2022–2024 гг.)

Регионы	2022 Стац.	2022 Мобил.	2022 Всего	2023 Стац.	2023 Мобил.	2023 Всего	2024 Стац.	2024 Мобил.	2024 Всего
Душанбе	17,1	110,4	127,5	15,8	113,2	129	16,6	124,9	141,5
ГБАО	0,0	9,6	9,6	0,0	15,4	15,4	0,5	16,9	17,4
Согдийская область	14,4	163,2	177,6	18,4	175	193,4	14,0	185,8	199,8
Хатлонская область	16,3	91,2	107,5	24,0	102,9	126,9	2,1	112,6	114,6
РРП	18,6	105,6	124,2	19,8	108,1	127,9	21,9	122,9	144,8

Анализ региональных данных показывает:

- Наибольшие выбросы зафиксированы в Согдийской области (рост с 177,6 до 199,8 тыс. тонн).
- В г. Душанбе — с 127,5 до 141,5 тыс. тонн, доля мобильных источников >85 %.
- ГБАО — умеренный рост, доля мобильных источников <3 %.
- Хатлонская область — нестабильная динамика, снижение выбросов мобильных источников с 126,9 до 114,6 тыс. тонн в 2024 году.
- РРП — устойчивый рост, общий объём с 124,2 до 144,8 тыс. тонн.

Выбросы вредных веществ от мобильных источников по ингредиентам (по данным Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан) представлены в таблице 3[3].

Анализ этих данных показывает, что за период 2020–2024 гг. объёмы выбросов по большинству ингредиентов имеют выраженную тенденцию к росту.

Таблица 3 – Выбросы вредных веществ от мобильных источников по ингредиентам (2020–2024 гг., тыс. тонн/год)

Наименование	2020	2021	2022	2023	2024
угарный газ (CO)	185,1	330,4	363,7	388,6	423,4
углеводороды (CnHm)	33,7	71,2	78,6	84,7	93,2
оксиды азота (NOx)	10,5	28,4	31,5	34,2	38,1
свинец	0,0	35,7	0,0	0,0	0,0
диоксид серы (SO ₂)	0,0	0,3	0,4	0,4	0,5
сажа	0,0	0,0	0,0	6,8	7,8
Всего	449,1	466,1	480,2	514,7	562,9

Основной вклад в загрязнение атмосферы вносит CO, количество которого увеличилось более чем в 2,2 раза. Выбросы CnHm и NOx также растут, что связано с интенсивностью движения и состоянием двигателей.

Переход на стандарты Euro-5 и Euro-6 приводит к значительному снижению выбросов вредных веществ от автотранспорта. В зависимости от типа двигателя и состава автопарка снижение может достигать 50–80 % для NOx и PM, и примерно 30–50 % для CO и углеводородов, что соответствует ориентировочному уменьшению выбросов в 1,5–2 раза [13].

Экологические стандарты Евро-5 и Евро-6 устанавливают предельно допустимые уровни выбросов загрязняющих веществ (CO, NOx, CnHm, PM) автомобильным транспортом. Эти нормы направлены на сокращение воздействия автотранспорта на окружающую среду и повышение экологической безопасности.

Таблица 4 — Нормативы выбросов вредных веществ по экологическим стандартам Евро-5 и Евро-6 [11]

Показатель выбросов	Евро-5 (2009 г.)	Евро-6 (2014 г.)	Основное назначение
Оксид углерода (CO)	1,0 г/км	1,0 г/км	Токсичный газ, образуется при неполном сгорании топлива
Углеводороды (CnHm)	0,10 г/км	0,10 г/км	Вызывают образование озона и фотохимического смога
Оксиды азота (NOx)	0,18 г/км	0,08 г/км	Вызывают кислотные дожди и раздражают дыхательные пути
HC + NOx (совместно)	0,23 г/км	0,17 г/км	Комплексная оценка токсичных выбросов
Твёрдые частицы (PM) (для дизелей)	0,005 г/км	0,005 г/км	Мелкие частицы сажи, вредные для здоровья человека

Переход на экологичные виды топлива позволяет значительно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу [4]. В таблице 5 представлен сравнительный анализ выбросов для различных типов топлива, включая бензин, дизель, сжиженный газ, биотопливо, электромобили и гибридные автомобили.

Представленные значения являются обобщёнными и относительными, так как конкретные показатели могут меняться в зависимости от модели транспортного средства, года выпуска, эффективности двигателя, условий эксплуатации и региона.

Таблица 5 – Сравнительный анализ выбросов по типам топлива (CO, CnHm, NOx, PM_{2.5} (particulate matter)), %)

Тип топлива	CO	CnHm	NOx	PM _{2.5}
Бензин	100	100	100	100
Дизель	90	80	120	150
Сжиженный газ	60	50	80	40
Биотопливо	40	30	50	30
Гибрид	35	25	40	20
Электричество	0	0	0	0

Анализ показывает, что внедрение гибридных и электромобилей позволяет существенно снизить нагрузку на атмосферу и улучшить экологическую ситуацию.

3. Пути повышения экологической безопасности автотранспорта

Для снижения экологической нагрузки необходимо комплексное применение организационных, технических и правовых мер [9–11]:

1. Совершенствование законодательства и нормативов

- Внедрение экологической классификации АТС.
- Запрет на ввоз автомобилей ниже стандарта Евро-2.
- Обязательный экологический контроль при техосмотре.

2. Развитие инфраструктуры и технической базы

- Создание сертифицированных станций экологического контроля.
- Организация пунктов диагностики выбросов и шума.
- Стимулирование перехода на газовое топливо и электромобили.

3. Экономическое и образовательное стимулирование

- Налоговые льготы для владельцев экологичных транспортных средств.
- Просветительские программы о важности экологичного вождения.
- Развитие общественного транспорта с низким уровнем выбросов.

4. Мониторинг качества топлива и выбросов

- Контроль за качеством моторных топлив на АЗС.
- Внедрение автоматизированных систем мониторинга загрязнений.

4. Перспективы внедрения экологически чистого транспорта

Одним из наиболее перспективных направлений снижения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду является перевод части транспортных средств с использования ископаемого топлива на альтернативные и возобновляемые источники энергии [9].

Последовательная электрификация общественного транспорта, прежде всего автобусов и такси, способствует значительному снижению выбросов оксида углерода (CO) и углеводородов, а также уменьшению уровня шумового загрязнения в городских условиях. Ключевым элементом этой стратегии является развитие инфраструктуры зарядных станций и сервисных пунктов для электромобилей, что должно стать приоритетом национальной экологической программы.

Комплексная реализация данных мероприятий позволит повысить экологическую эффективность транспортной системы, сократить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить качество городской среды.

Выводы

Экологическая безопасность автомобильного транспорта является ключевым фактором устойчивого развития Республики Таджикистан. Снижение выбросов вредных веществ возможно только при реализации комплексного подхода, включающего:

- обновление и экологизацию автопарка;
- ужесточение экологического контроля и мониторинга выбросов;
- совершенствование нормативно-правовой базы;
- повышение экологической культуры и ответственности населения.

Модернизация транспортного сектора на основе экологических стандартов, развитие газомоторных и электрических транспортных средств, а также формирование системы устойчивой

городской мобильности являются приоритетными направлениями государственной экологической политики Республики Таджикистан.

Рецензент: Холов Д.П. — к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация гидромелиоративных систем» Таджикского аграрного университета имени Ш. Шохтемура

Литература

1. Министерство транспорта Республики Таджикистан. Годовой отчёт о состоянии автотранспортной системы. Душанбе, 2024.
2. Всемирный банк. Environmental Performance Review: Tajikistan. Washington, 2023.
3. Охрана окружающей среды в Республики Таджикистан (статистический сборник). Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2025.
4. Транспорт и экологические проблемы. Мировая наука» №4 (85) 2024 science-j.com.
5. UNECE. Vehicle Emission Standards in Central Asia. — Geneva, 2023.
6. Статистический комитет РТ. Данные о зарегистрированных транспортных средствах за 2019–2024 гг. Душанбе, 2025.
7. World Bank Data. PM_{2.5}. Air Pollution in Tajikistan (2024–2025).
8. <https://www.iqair.com/us/tajikistan/dushanbe/dushanbe>
9. World Health Organization. Air Quality Guidelines: Global Update 2021. — Geneva: WHO, 2021.
10. Шадииметов Ю.Ш. Айрапетов Д.А. Устойчивый транспорт, важнейший аспект современной транспортной политики. / Ю.Ш. Шадииметов, Д.А. Айрапетов // Научное наследие № 98 (98) (2022).
11. Европейская экономическая комиссия ООН. Sustainable Transport Development in Central Asia. — Geneva, 2023.
12. UNECE. Regulations for Euro 5 and Euro 6 Emission Standards. — Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2009–2014.
13. Анализ дорожно-транспортных происшествий и структуры автопарка в Республике Таджикистан в 2019-2024 годах. Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2025. № 2 (70). С. 122-129. (БАК)
14. International Council on Clean Transportation (ICCT). (2016). A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards. Retrieved from https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Euro6-VI_briefing_jun2016.pdf

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Давлатшоев Рашид Асанхонович	Давлатшоев Рашид Асанхонович	Davlatshoev Rashid Asankhonovich
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: d_rashid71@mail.ru		
TJ	RU	EN
Бутаев Махмадшариф Қодирович	Бутаев Махмадшариф Кодирович	Butaev Makhmadsharif Kodirovich
н.и.б., и.в. дотсент	к.б.н, и.о доцент	Candidate of Biological Sciences, acting Associate Professor
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон	Таджикский национальный университет	Tajik national university
E-mail: butaev-dmt@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ҷобиров Фируз	Джобиров Фируз	Jobirov Firuz
н.и.т, муал.калон.	к.т.н, старш. препод.	candidate of technical sciences, senior lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: jobirzoda.firuz@gmail.com		
TJ	RU	EN
Маджидов Б.Ж.	Маджидов Б.Ж.	Madjidov B.Zh.
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: mjbahriddin@mail.ru		