



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**INOVAȚII ȘI IMPLEMENTĂRI ÎN PROCESUL DE DECARBONIZARE A  
MEDIULUI, MOTIVAT DE AUTOVEHICULE DE ULTIMĂ GENERAȚIE**

**Masterand: Tihomirov Serghei**

**Conducător:  
conf. univ., dr., Novorojdin Dumitru**

**Chișinău – 2026**

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei  
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi  
Departamentul Transporturi**

**Admis la susținere**

**Șef departament:**

**”\_\_” \_\_\_\_\_ 2026**

## **Tema tezei de master**

**Inovații și implementări în procesul de DECARBONIZARE a mediului,  
motivată de autovehicule de ultimă generație**

Masterand: Tihomirov Serghei, grupa

Conducător Novorojdin Dumitru, conf. univ, dr

**Chișinău – 2026**

## ADNOTARE

Tema tezei de master: „**Inovații și implementări în procesul de DECARBONIZARE a mediului, motivat de autovehicule de ultimă generație**”

1. Proiectul este îndeplinit la departamentul Transporturi
2. Autorul tezei de master: Tihomirov Serghei
3. Conducător științific: conf. univ., dr., NOVOROJDIN Dumitru,
4. Textul adnotării:

Lucrarea de master cu titlul „Inovații și implementări în procesul de decarbonizare a mediului, motivat de autovehicule de ultimă generație” abordează o temă de actualitate majoră pentru societatea contemporană – reducerea impactului negativ al transportului rutier asupra mediului ambiant. Scopul cercetării constă în analiza și valorificarea soluțiilor tehnologice inovatoare care pot contribui la diminuarea emisiilor de gaze poluante și la promovarea unei mobilități sustenabile.

În prima parte a tezei sunt prezentate aspecte generale privind poluarea generată de autovehicule, fiind descrise principalele categorii de emisii, efectele acestora asupra ecosistemelor naturale, precum și cadrul juridic internațional referitor la limitarea poluării atmosferice.

Cea de-a doua secțiune este axată pe analiza tehnologiilor moderne implicate în procesul de decarbonizare a transportului rutier. Sunt descrise concepte precum autovehiculele electrice și hibride, utilizarea surselor alternative de energie – hidrogenul și biocombustibilii – precum și soluțiile inovatoare de captare și neutralizare a dioxidului de carbon.

Capitolul al treilea tratează politicile și strategiile de decarbonizare aplicate la nivel internațional și național, cu accent pe obiectivele și direcțiile de acțiune ale Pactului Ecologic European („Green Deal”), precum și pe inițiativele implementate în RM pentru susținerea mobilității verzi și a dezvoltării durabile.

Ultimul capitol conține un studiu de caz privind eficiența autovehiculelor de ultimă generație în procesul de decarbonizare, printr-o analiză între vehiculele convenționale și cele electrice. În acest context, sunt evidențiate avantajele economice, ecologice și sociale asociate adoptării tehnologiilor de propulsie nepoluante.

Lucrarea se finalizează cu concluzii și recomandări practice, orientate către accelerarea tranziției spre un sistem de transport ecologic, eficient energetic și compatibil cu principiile economiei verzi.

Rezultatele obținute reprezintă un suport teoretic și aplicativ pentru instituțiile de specialitate, factorii de decizie din domeniul transporturilor și mediului, precum și pentru profesioniștii interesați de integrarea tehnologiilor inovatoare în cadrul procesului de decarbonizare și al dezvoltării durabile.

## АННОТАЦИЯ

1. Тема проекта: «Инновации и внедрения в процесс ДЕКАРБОНИЗАЦИИ окружающей среды, мотивированные современными транспортными средствами»

2. Проект выполнен на Департаменте Транспорт.

3. Выполнил: Тихомиров Сергей.

4. Руководитель: Док. конф. унив. Новорождин Д.

5. Текст аннотации:

Магистерская работа на тему «Инновации и внедрения в процессе декарбонизации окружающей среды с использованием современных транспортных средств» посвящена важной актуальной проблеме современного общества – снижению негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Цель исследования – анализ и внедрение инновационных технологических решений, которые могут способствовать сокращению выбросов загрязняющих газов.

В первой части работы представлены общие аспекты загрязнения, производимого транспортными средствами, описаны основные категории выбросов, их воздействие на природные экосистемы, а также международно-правовая база, регулирующая ограничение загрязнения атмосферы.

Второй раздел посвящен анализу современных технологий, используемых в процессе декарбонизации автомобильного транспорта. Описываются такие концепции, как электромобили и гибридные автомобили, использование альтернативных источников энергии – водорода и биотоплива, а также инновационные решения для улавливания и нейтрализации углекислого газа.

Третья глава посвящена политике и стратегиям декарбонизации, применяемым на международном и национальном уровнях, с акцентом на цели и направления действий Европейского зелёного соглашения, а также на инициативы, реализуемые в Республике Молдова.

В последней главе представлено тематическое исследование эффективности современных транспортных средств в процессе декарбонизации посредством анализа традиционных и электрических транспортных средств. В этом контексте освещаются экономические, экологические и социальные преимущества, связанные с внедрением чистых двигательных технологий.

В заключение представлены выводы и практические рекомендации, направленные на ускорение перехода к экологичной, энергоэффективной транспортной системе, совместимой с принципами зелёной экономики.

Полученные результаты представляют собой теоретическую и практическую поддержку для специализированных учреждений, лиц, принимающих решения в области транспорта и окружающей среды, а также для специалистов, заинтересованных в интеграции инновационных технологий в процесс декарбонизации.

## ANNOTATION

The theme of the project: " Study in innovative "eco" implementations in perspective propulsion of motor vehicles"

1. The project is carried out at the Department of " Transports ".

2. Project author: Tihomirov Serghei

3. Scientific adviser: PhD in Technical Sciences, Associate Professor NOVOROJDIN Dumitru,

4. Annotation text:

The master's thesis entitled "Innovations and implementations in the process of environmental decarbonization, motivated by state-of-the-art vehicles" addresses a major topical issue for contemporary society - reducing the negative impact of road transport on the environment. The purpose of the research is to analyze and capitalize on innovative technological solutions that can contribute to reducing pollutant gas emissions and promoting sustainable mobility.

The first part of the thesis presents general aspects regarding pollution generated by vehicles, describing the main categories of emissions, their effects on natural ecosystems, as well as the international legal framework regarding the limitation of atmospheric pollution.

The second section focuses on the analysis of modern technologies involved in the process of decarbonizing road transport. Concepts such as electric and hybrid vehicles, the use of alternative energy sources - hydrogen and biofuels - as well as innovative solutions for capturing and neutralizing carbon dioxide are described.

The third chapter deals with decarbonization policies and strategies applied at international and national levels, with a focus on the objectives and directions of action of the European Green Deal, as well as on the initiatives implemented in the Republic of Moldova to support green mobility and sustainable development.

The last chapter contains a case study on the efficiency of state-of-the-art vehicles in the decarbonization process, through an analysis between conventional and electric vehicles. In this context, the economic, ecological and social advantages associated with the adoption of clean propulsion technologies are highlighted.

The paper concludes with conclusions and practical recommendations, aimed at accelerating the transition to an ecological, energy-efficient transport system compatible with the principles of the green economy.

The results obtained represent a theoretical and applied support for specialized institutions, decision-makers in the field of transport and the environment, as well as for professionals interested in integrating innovative technologies within the decarbonization process and sustainable development.

## СОДЕРЖАНИЕ

ADNOTARE .....	3
СОДЕРЖАНИЕ .....	7
СПИСОК РИСУНКОВ И ТАБЛИЦ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	13
1.1 Источники загрязнения, связанные с автотранспортом .....	13
1.2. Категории выбросов и их влияние на природные экосистемы.....	15
1.3. Нормативно-правовая база экологической политики ЕС в сфере контроля за вредоносными выбросами .....	18
1.3.1 Правовая база экологической политики ЕС.....	19
1.3.2. Европейская законодательная база по сокращению выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом .....	20
1.3.3. Действующая законодательная база Республики Молдова в области сокращения выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами .....	21
<b>ОБОБЩЕНИЕ I</b> .....	23
2. ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА .....	25
2.1. Контекст декарбонизации транспорта.....	25
2.1.1. Сценарные прогнозы выбросов углерода.....	26
2.2. Современные технологии снижения выбросов .....	29
2.2.1. Электрические и гибридные двигатели .....	30
2.2.2. Альтернативные виды топлива в современном транспорте .....	32
2.3 Технологии поглощения, хранения и нейтрализации углерода .....	38
2.4. Искусственный интеллект в автомобильной промышленности.....	42
<b>ОБОБЩЕНИЕ II</b> .....	46
3. ВНЕДРЕНИЕ СТРАТЕГИЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ НА ГЛОБАЛЬНОМ И НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЯХ.....	48
3.1. Европейская политика и цели в рамках Европейского зелёного курса («Green Deal») ..	48
3.2. Программы и инициативы по снижению выбросов в республике Молдова.....	50
3.3. Роль технологических инноваций в продвижении зеленой мобильности.....	53
<b>ОБОБЩЕНИЕ III</b> .....	53
4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ .....	55
4.1. Аналитическое сравнение автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и электромобилей в контексте экологии .....	55
4.1.1. Моделирование в MATLAB/Simulink.....	56
4.2. Двигатель Reno -Dacia Mild Hybrid– с низким уровнем выбросов углекислого газа (мг CO <sub>2</sub> /км).....	59
4.3. Перспективы развития зеленой мобильности в Республике Молдова и Румынии .....	61
4.3.1. Сравнительный анализ и перспективы партнёрства Молдовы и Румынии .....	62
4.4. Проблемы и перспективы развития зеленой мобильности в Республике Молдова и .....	63
<b>ОБОБЩЕНИЕ IV</b> .....	65
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	66
<b>БИБЛИОГРАФИЯ</b> .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях глобальных экономических, социальных и технологических преобразований охрана окружающей среды и снижение негативного воздействия антропогенной деятельности на природные экосистемы представляют собой стратегические задачи первостепенной важности для всего международного сообщества.

Одним из наиболее существенных вызовов XXI века является изменение климата, вызванное, главным образом, накоплением парниковых газов (ПГ) в атмосфере, что связано с интенсивным потреблением ископаемого топлива и традиционной моделью промышленного развития.

Среди сфер, оказывающих значительное воздействие на окружающую среду, транспортный сектор, особенно автомобильный, занимает центральное место, являясь одним из основных источников выбросов углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), твердых частиц (ТЧ) и других загрязняющих веществ. В глобальном масштабе на автомобильный транспорт приходится около четверти всех выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания топлива, что делает его приоритетной задачей в стратегиях декарбонизации и переходе к «зеленой» и устойчивой экономике.

Декарбонизация — это сложный процесс, объединяющий политику, меры и технологические решения, направленные на сокращение выбросов парниковых газов и достижение климатической нейтральности. В сфере транспорта это означает замену двигателей внутреннего сгорания инновационными технологиями, основанными на электромобильности, использовании водорода, передовых видов биотоплива и интеллектуальных системах управления энергопотреблением.

В последние десятилетия мировая автомобильная промышленность претерпела глубокие изменения, обусловленные масштабными инвестициями в исследования, разработки и инновации. Крупные автопроизводители сосредоточились на разработке и производстве современных транспортных средств — электрических, подключаемых гибридных или работающих на водороде, — оснащенных передовыми системами рекуперации энергии и интеллектуальным управлением расходом топлива. Эти решения представляют собой устойчивую альтернативу традиционному транспорту, способствуя снижению загрязнения городской среды, улучшению качества воздуха и повышению энергоэффективности.

Для Республики Молдова, которая находится в процессе непрерывного соответствия стандартам и политике Европейского союза в области устойчивого развития и энергетического перехода, модернизация автомобильного транспорта является важнейшей стратегической целью. В соответствии с Национальной стратегией по изменению климата и Национальным комплексным планом по энергетике и климату, Республика Молдова поставила перед собой цель значительно сократить выбросы парниковых газов к 2030 году путем продвижения

экологичной мобильности и стимулирования использования транспортных средств с низким уровнем выбросов. Однако процесс декарбонизации является сложным и многомерным, требующим не только внедрения современных технологий, но и развития поддерживающей инфраструктуры (зарядных станций, интеллектуальных сетей), корректировки нормативно-правовой базы, повышения осведомленности общественности и увеличения инвестиций в исследования, инновации и техническое образование.

Цель данной работы – проанализировать с научно-технической точки зрения инновации и практические реализации в процессе экологической декарбонизации, уделяя особое внимание роли современных транспортных средств в сокращении выбросов загрязняющих веществ и продвижении устойчивой мобильности. Цель исследования – выявить текущие и новые технологические решения, а также оценить их влияние на окружающую среду и экономику Республики Молдова.

Целью данного исследования является оценка потенциала и перспектив декарбонизации мировой экономики в ведущих странах и регионах, а также анализ сценариев достижения углеродной нейтральности и изучение мер, предпринимаемых основными государствами и мировыми регионами для реализации этих целей

Для достижения поставленной цели в работе поставлены следующие задачи:

- анализ воздействия выбросов автомобильного транспорта на окружающую среду;
- выявление и классификация основных современных технологий для сокращения выбросов углерода;
- изучение мировых тенденций в развитии электромобилей, гибридных и водородных транспортных средств;
- оценка стратегий и политик декарбонизации, применяемых на европейском и национальном уровнях;
- проведение сравнительного анализа традиционных и экологичных транспортных средств с точки зрения энергоэффективности и воздействия на окружающую среду;
- разработка практических рекомендаций по консолидации процесса декарбонизации в Республике Молдова.

Исследование основано на анализе специализированной литературы, стратегических документов и международных научно-технических отчетов, а также на сравнительной оценке характеристик транспортных средств последнего поколения с использованием таких показателей, как энергоэффективность и уровень выбросов загрязняющих веществ. Одновременно изучается государственная политика и инициативы.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. Parlamentul European și Consiliul Uniunii Europene (2019). Regulamentul (UE) 2019/631 privind normele de performanță pentru autoturisme și autoutilitare ușoare.
2. Comisia Europeană (2021). Pachetul legislativ „Fit for 55” – Roadmap towards climate neutrality.
3. European Environment Agency (EEA) (2023). Air pollutant emissions data viewer.
4. Directive 2014/94/EU on the deployment of alternative fuels infrastructure.
5. Regulation (EU) 715/2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles.
6. European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (2024). EU vehicle emission standards overview.
7. Novorojdin D., Autovehicule, Chișinău. Ed. Print-Caro, 2013.-244 p.
8. POPA, G. D. S.A. Cercetări experimentale privind corelarea proprietăților combustibilului cu desfășurarea procesului de ardere pentru reducerea emisiilor de fum în gazele de evacuare
9. Legea nr. 1515 din 16.06.1993 privind protecția mediului înconjurător. [Legis](#)
10. Legea nr. 1422 din 17.12.1997 privind protecția aerului atmosferic. [Legis](#)
11. Strategia de mediu pentru anii 2014–2023 și Planul de acțiuni (HG nr. 301/2014). Ministerul Mediului. [mediu.gov.md](#)
12. UNECE. *Decarbonizing Transport in Europe, 2024*.
13. Strategia de mobilitate 2023–2030; documente și decizii guvernamentale privind mobilitatea durabilă. [midr.gov.md+1](#)
14. Agenția Internațională pentru Energie (IEA). *Transport and Environment Report 2024*.
15. European Commission. *European Green Deal and Fit for 55 Package, 2023–2024*
16. Ministerul Mediului, Republica Moldova. *Strategia Națională privind Schimbările Climatice 2030*.
17. Agenția pentru Eficiență Energetică (AEE). *Raport privind mobilitatea electrică în Republica Moldova, 2024*.
18. World Health Organization. *Global Road Transport and Emissions Outlook 2024*. Emil Tudor, Ionuț Vasile, Ion Sburlan, Mihai-Gabriel Matache - Retrofitting a vehicle with an internal combustion engine by replacing it with an electric traction system, Prima conferință internațională de inginerie electrică ICPE-CA, „Structuri, materiale și sisteme electrice avansate”, ASMES 2019, 20 - 22 Noiembrie 2019
19. Bosch Automotive Handbook, 2023
20. Chan, C.C. "The State of the Art of Electric Vehicles," IEEE Proceedings
21. Ehsani, M. *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*
22. European Alternative Fuels Observatory, 2024
23. Heywood J. *Internal Combustion Engine Fundamentals*
24. IEA – *The Future of Hydrogen, 2023*
25. European Commission (2023). *Renewable Energy Progress Report*.
26. IEA (2022). *Biofuels – Tracking Clean Energy Progress*.
27. World Energy Council (2021). *Bioenergy for Sustainable Development*.
28. UNECE (2020). *Sustainable Bioenergy and Transport Policies in Europe*.
29. IPCC, *Climate Change 2023: Mitigation of Climate Change*, Geneva, 2023.
30. Г.В. Сафонов, М.Л. Козельцев, А.В. Стеценко, А.Л. Дорина, Ю.А. Сафонова, А.А. Семакина, А.Г. Сизонов, М.Г. Сафонов, Вестник международных организаций. 2022. Т. 17. № 4. С. 38–61, УДК 339.977. doi:10.17323/1996-7845-2022-04-02, Перспективы декарбонизации мировой экономики в контексте реализации Парижского климатического соглашения ООН1
31. International Energy Agency (IEA), *CCUS in Clean Energy Transitions*, Paris, 2022.
32. Global CCS Institute, *Global Status of CCS 2024 Report*, Melbourne, 2024.
33. Olajire, A. A., *Carbon capture and storage technology: A review*, Energy Reports, vol. 6, 2020.
34. Hepburn, C. et al., *The technological and economic prospects for CO<sub>2</sub> utilization and removal*, Nature, 575, 2021

35. European Environment Agency (EEA). Climate and Energy in the EU 2024 Report. Copenhagen, 2024.
36. European Commission. REPowerEU Plan, Bruxelles, 2022.
37. OECD. Green Transition in Europe: Challenges and Opportunities, Paris, 2023
38. European Commission (2023). Sustainable and Smart Mobility Strategy.
39. IEA (2024). Global Electric Vehicle Outlook.
40. UNECE (2022). Transport and Climate Change.
41. World Economic Forum (2023). Future of Green Mobility.
42. OECD (2024). Digital Transformation and Sustainable Transport Cap. 3
43. Dacia Engineering (2024). Sistemele Mild Hybrid în gama ECO-G. Mioveni, România.
44. Renault Group (2023). Hybrid Powertrain Architecture for Compact Vehicles. Paris.
45. Popescu, A., Dumitru, C. (2022). Eficiența energetică a motoarelor cu ardere internă hibridizate. Editura Politehnica.
46. Tesla Motors, Technical Data Sheet – Model 3, 2024.
47. Volkswagen AG, Life Cycle Assessment Report – VW Golf vs. ID.3, 2023.
48. Грушников В. А. Экологические аспекты развития и инициативы автомобилестроения / В. А. Грушников // Автотранспортное предприятие. 2011. № 12. С.27-30.