

## ОЦІНКА ВПЛИВУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ЛЮДИНУ ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

В роботі наведено дані щодо внеску автомобільного транспорту в загальне забруднення атмосфери міст України, що може досягати від 60 до 90 % загальної кількості викидів. Наведено коротку характеристику та граничний вміст основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових і дизельних двигунів, а також показана роль ультрафіолетового випромінювання в утворенні фотохімічного туману (смогу).

**Ключові слова:** відпрацьовані гази, автотранспорт, фотохімічні реакції, озон

### Abstract

The paper presents data on the contribution of automobile transport to the total air pollution of Ukrainian cities, which can reach from 60 to 90% of total emissions. A brief description and maximum content of the main harmful substances in the exhaust gases of gasoline and diesel engines, as well as the role of ultraviolet radiation in the formation of photochemical fog (smog) have been shown.

**Keywords:** exhaust gases, automobile transport, photochemical reactions, ozone

Близько 50% атмосферного забруднення у великих містах України припадає на автомобільні викиди. Згідно статистичної звітності за 2015 рік в Україні знаходиться в постійній експлуатації близько 10 млн. автомобілів різних форм власності. Протягом останніх років автомобільний парк України щорічно споживає в середньому понад 3,5 млн. т. бензину та близько 6,5 млн. т. дизельного пального. В результаті в навколишнє середовище потрапляє велика кількість шкідливих речовин, які складають понад 30 % газових викидів в атмосферу на території України [1].

Якщо оцінювати внесок автомобільного транспорту в загальне забруднення атмосферного повітря в Україні, то його частка за оксидом вуглецю становитиме 49 %, за вуглеводнями – 32 %, за оксидами азоту – 20 %. Разом з тим, в багатьох містах України викиди автотранспорту становлять від 60 до 90 % загальної кількості викидів [2].

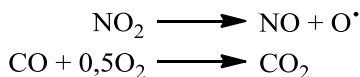
Під час роботи автомобільних двигунів внутрішнього згоряння джерелами викидів шкідливих речовин є відпрацьовані та картерні гази, випаровування з системи живлення [5]. Серед цих джерел основними є відпрацьовані гази, які мають складний хімічний склад. До складу відпрацьованих газів входить понад 1000 різних шкідливих речовин, які негативно впливають на людину і довкілля, з яких 200 розпізнано. Основними є: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (загальна формула  $C_mH_n$ ), оксиди азоту (загальна формула  $NO_x$ ), альдегіди (загальна формула RCHO), сполуки сірки (основна – двооксид сірки  $SO_2$ ), тверді частинки (сажа), канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні поліциклічної будови (основний компонент – бенз(а)пірен –  $C_{20}H_{12}$ ), сполуки свинцю. Граничний вміст основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових двигунів і дизелів наведено в таблиці 1 [2].

Таблиця 1 – Граничний вміст основних шкідливих речовин у відпрацьованих газах бензинових і дизельних двигунів

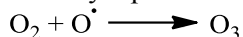
Назва речовини та вміст	Бензинові двигуни	Дизельні двигуни
Оксид вуглецю (CO), %	10	0,3
Вуглеводні ( $C_mH_n$ ), %	2	0,5
Оксиди азоту ( $NO_x$ ), %	0,6	0,2
Альдегіди (RCHO), %	0,2	0,05
Двооксид сірки, мг/м <sup>3</sup>	0,003	0,015
Сажа, мг/м <sup>3</sup>	100	2000
Сполуки свинцю, мг/м <sup>3</sup>	60	–
Канцерогенні речовини (бенз(а)пірен), мг/м <sup>3</sup>	25	10

До основних шкідливих речовин, які утворюються в атмосфері, відносяться речовини, що виникають в результаті термохімічних і фотохімічних реакцій. Основними з них є речовини, які виникають в результаті фотохімічних реакцій і складають фотохімічні тумани. Джерелом їх утворення, в основному, є відпрацьовані гази автомобілів. Утворюються ці речовини у атмосфері під впливом ультрафіолетового випромінювання сонячної радіації.

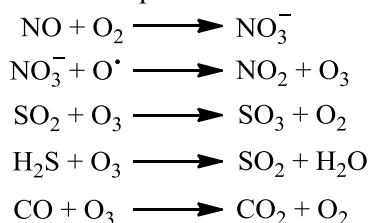
Найважливішою первинною реакцією є реакція розкладання двооксиду азоту на оксид азоту і атомарний кисень, в результаті яких відбувається поглинання ультрафіолетового випромінювання сонячного спектру і реакція окиснення оксиду вуглецю під впливом ультрафіолетового випромінювання:



Атомарний кисень вступає в реакцію з молекулярним киснем утворюючи озон:



Окрім цих, під впливом ультрафіолетового випромінювання мають місце такі реакції:



Реакція розкладання (дисоціації)  $\text{NO}_2$  спонукає протікання багатьох реакцій, зокрема появу вільних радикалів з вуглеводневих сполук. В цьому випадку  $\text{NO}_2$  є каталізатором для утворення вільних радикалів. Вільні радикали окиснюючись утворюють альдегіди та інші речовини, які містять вуглець, а також аерозолі. Окиснення вуглеводнів і оксидів азоту приводить до виникнення пероксиацетонітратів (ПАН), пероксидбензолнітратів тощо. Таким чином, основними складовими фотохімічних перетворень в атмосфері є оксиди азоту, озон, альдегіди, гідрати, речовини групи ПАН, карбонільні сполуки, аерозолі та ін. [1,4,6].

Основний негативний вплив оксиду вуглецю на організм людини полягає у порушенні газового обміну в організмі. Гемоглобін крові в легенях у 240 разів швидше сполучується з оксидом вуглецю ніж з киснем, утворюючи карбоксигемоглобін ( $\text{COHb}$ ) і втрачає здатність переносити кисень від легенів до окремих органів і виносити з них вуглекислий газ. В якій мірі оксид вуглецю впливає на організм людини залежить від концентрації його в атмосфері і від тривалості дії. Вміст  $\text{CO}$  у повітрі 0,01 % з тривалістю дії більше однієї години викликає головний біль, погіршення реакції та зменшення працездатності. Більші концентрації  $\text{CO}$  спричиняють тяжкі наслідки, аж до втрати свідомості. Довготривале вдихання  $\text{CO}$  призводить до серцево-судинних захворювань, появи атеросклерозу, ураження центральної нервової системи, виникнення інфаркту міокарда, розвитку легеневих захворювань. Особливо впливає оксид вуглецю на людей, що страждають коронарною недостатністю [1,7]. Високі концентрації  $\text{COHb}$  призводять до втрати свідомості, навіть до смерті. Дослідження показали, що перебування в атмосфері з вмістом  $\text{CO}$  лише 0,001–0,0015 % протягом 8 годин викликає у окремих людей погіршення здатності до сприйняття часу. Процес утворення карбоксигемоглобіну є зворотним. За зупинки вдихання  $\text{CO}$ , його концентрація на кожні 3-4 години знижується вдвічі.

З великої кількості вуглеводнів, які містяться у відпрацьованих газах, найбільшої загрози завдають ароматичні вуглеводні олефінового ряду, тобто ненасичені вуглеводні, що мають високу активність і є вихідними продуктами для утворення фотохімічного смогу. Вплив вуглеводнів на організм людини різноманітний: від виникнення неприємних відчуттів до появи різних захворювань. Характерною особливістю дії вуглеводнів на організм людини є їх вплив на центральну нервову систему. Великі концентрації вуглеводнів можуть призвести до наркотичного сп'яніння, що неприйнятно, особливо під час керування автомобілем. Окрім того, вуглеводні спричиняють виникнення серцево-судинних захворювань, аритмію серця, порушують діяльність шлунково-кишкового тракту, викликають зміни у складі крові.

Основними альдегідами, що надходять у атмосферу з відпрацьованими газами є формальдегід і акролеїн. Формальдегід (мурашиний альдегід) – газ без кольору із задушливим, подразнюючим запахом. Охолоджуючись перетворюється в рідину за температури  $-21^\circ\text{C}$ . Легко розчиняється у воді. Розчин, який містить 40 % формальдегіду називається формаліном. Шкідливо впливає на органи дихання і слизові оболонки. Є дуже сильним подразником, вражає діяльність центральної нервової системи, печінки, нирок. За концентрації формальдегіду у атмосфері 0,007 % має місце легке

подразнення дихальних шляхів і слизових оболонок очей і носа, за концентрації 0,18 % – подразнення сильне. Запах сприймається людиною за концентрації 0,000015% і це має бути сигналом, що перебування в такій атмосфері небезпечне.

Акролеїн – рідина без кольору із запахом підгорілих жирів. Температура кипіння 52,4°C. Пари акролеїну спричиняють сильне подразнення слизових оболонок очей. Вміст його в атмосфері 0,002 % згубний, 0,0005 % – важко переноситься, 0,00008 % – для людини безпечний. Запах сприймається людиною за концентрації 0,00016 %. Концентрація його в повітрі 0,014 % може призвести до смерті через 10 хвилин. Вплив акролеїну на організм людини адекватний впливу формальдегіду [1,2,7].

Відпрацьовані гази ДВЗ є основним джерелом викиду в атмосферу твердих частинок і в першу чергу сажі (кіптяви). Частинки сажі розміром 0,5–2 мкм затримуються в легенях, викликаючи алергію. На своїй поверхні сажа адсорбує велику кількість вуглеводневих сполук, в тому числі поліциклічних ароматичних вуглеводнів і серед них найбільш активний і небезпечний – бенз(а)пірен, що здатний спричинити ракові пухлини, переважно рак легенів. Крім того, як механічна домішка, сажа погіршує прозорість атмосфери, вона затримується у повітрі до 8 діб [1,2].

Основна частина оксидів азоту, які знаходяться у атмосфері, надходить з відпрацьованими газами автомобілів. Оксиди азоту NO і NO<sub>2</sub> отруйні для організму людини, мають сильну подразнюючу дію, особливо на слизові оболонки, зокрема очей. Здатні глибоко проникати в легені, викликаючи пошкодження їх тканин. За високої концентрації можливі виникнення хронічних респіраторних захворювань і навіть смертельні випадки. Двооксид азоту в концентрації 4–6 мг/м<sup>3</sup> викликає порушення життєдіяльності рослин, пригнічуючи їх ріст. Тривалий вплив NO<sub>2</sub> призводить до хлорозу рослин (передчасного старіння). Двооксид азоту є вихідним продуктом утворення озону під впливом ультрафіолетового випромінювання. А надмірне накопичення озону у приземному просторі дуже шкідливе. Крім того, NO<sub>2</sub> має вирішальну роль в утворенні фотооксидантів. Розчин NO<sub>2</sub> у воді є складовою “кислотних” дощів [1].

Сірчистий газ SO<sub>2</sub> – основний токсичний продукт серед сполук сірки, що надходить у атмосферу з відпрацьованими газами. У вільному стані SO<sub>2</sub> – газ без кольору, з різким запахом, кислий на смак, отруйний, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів. Легко розчиняється у воді, утворюючи сірчисту кислоту H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Вражає органи дихання, змінює склад крові, погіршує імунітет, порушує білковий обмін речовин в організмі. Крім того руйнує вітамін В1 в крові, збільшує накопичення цукру і білку в крові. Висока концентрація SO<sub>2</sub> у атмосфері викликає гострий бронхіт, задишку, можливу смерть внаслідок рефлекторного спазму горла.

Сполуки сірки SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> наносять значний збиток лісовому і сільському господарствам – вони закислюють ґрунт та підвищують вразливість рослин захворюваннями. Окрім того, ці речовини є основними складовими класичного смогу і “кислотних” дощів. Сполуки сірки наносять значних збитків комунальному господарству міст, руйнуючи металеві конструкції, бетон. Піддають руйнації пам’ятки архітектури [2,7].

Наявність сполук свинцю в атмосферному повітрі міст, в основному, пов’язана з відпрацьованими газами бензинових двигунів, які працюють на етильованому бензині. Етилова рідина спалюється в камерах згорання двигунів, утворюючи неорганічні сполуки – оксиди і солі, які аерозолями викидаються у атмосферу. Зважені частинки розпорошуються в навколишньому середовищі. Значна частина сполук свинцю осідає на землю поблизу автомобільних доріг. Аерозолі потрапляють в організм людини під час дихання, крізь шкіру і разом з їжею. Вони викликають порушення функцій органів травлення, нервово-м’язової системи і мозку. Свинець і його сполуки здатні накопичуватися в організмі до небезпечних концентрацій, тому що вони погано виводяться з організму. Особливо небезпечні для дітей, оскільки уповільнюють їх фізичний і розумовий розвиток [1].

В останній час, роглядаючи забруднення атмосфери міст і великих промислових центрів, велику увагу почали приділяти вмісту в ній озону. Раніше (до 1967 р.) вважалося, що наявність озону в повітрі свідчить про його чистоту. Зараз ця думка змінилась. Через те, що озон – сильний окисник, він є проміжним продуктом фотохімічних реакцій в умовах забрудненої атмосфери. Дія озону на організм людини спричиняє подразнення слизової оболонки, очей, кашель, задуху, спазми дихальних шляхів. Призводить до виникнення серцево-судинних захворювань. Особливо небезпечний він для дітей, тому що вони, в результаті більш рухливого способу життя, споживають значно більшу кількість повітря. Дуже шкідливо озон впливає на рослинність, спричиняючи передчасне старіння. Утворені в результаті фотохімічних реакцій за участю озону оксиданти подразнюють слизові оболонки людини, зменшують прозорість атмосфери, пошкоджують рослини, руйнують гуму і ці властивості проявляються за дуже малих концентрацій. Деякими дослідженнями встановлено, що за інтенсивного фотохімічного смогу спостерігається захворювання тварин. Особливу небезпеку оксиданти створюють для осіб з порушеннями органів дихання [1-3,7].

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобиль и окружающая среда: Учеб. пособие / П.М. Канило, И.С. Бей, А.И. Ровенский / Харьк. гос. автомоб.-дор. техн. ун-т. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
2. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – 2.изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – 375с.
3. Автомобильные двигатели: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по спец. “Автомобили и автомоб. хоз-во” / Н.Г. Банников. – Луганск: Изд-во Восточнукр. гос. ун-та, 1999. – 224 с.
4. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревич [та ін.] ; Національна транспортна академія. - К. : Основа, 2002. - 312 с.
5. Эффективность сжигания топлив и экология (энергоустановки и автомобили): Сб. науч. ст. НАН Украины. Ин-т проблем машиностроения / Отв. ред. Подгорный А.Н., Канило П.М. – Харьков, 1993. – 205 с.
6. Доценко И.И. Загрязнение атмосферного воздуха населенных мест оксидом углерода за счет выхлопных газов автотранспорта, М.: Машиностроение, 1990, – 314 с.
7. Доценко И.И. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.

**Сидоренко Артем Артурович** – студ. групи ТЗД-18б, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Тітов Тарас Сергійович** – канд. хім. наук, доцент кафедри хімії та хімічної технології, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [tarastitov88@gmail.com](mailto:tarastitov88@gmail.com)

**Хутько Марина Василівна** – зав. лабораторіями кафедри хімії та хімічної технології, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Artem A. Sydorenko** – student, Institute of Environmental Safety and Monitoring, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Taras S. Titov** – Cand. Sc. (Chemistry), Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [tarastitov88@gmail.com](mailto:tarastitov88@gmail.com)

**Maryna V. Khutko** – Head of laboratories of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia