



УДК 504

ANALYSIS OF THE AIR POLLUTION INTENSITY BY DUST EMISSIONS FROM AUTO TRANSPORT IN KRYVIY RIH CITY

АНАЛІЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПИЛОВИМИ ВИКИДАМИ АВТОТРАНСПОРТУ В УМОВАХ МІСТА КРИВИЙ РІГ

Dolyna O.O. / Долина О.О.

с.б.с., / к.б.н.

ORCID: 0000-0002-4175-746X

Kryvyi Rih National University,

Kryvyi Rih, Vitaly Matusevich str., 11, 50027

Криворізький національний університет,

вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027

Panova S.M. / Панова С.М.

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

Kryvyi Rih National University,

Kryvyi Rih, Vitaly Matusevich str., 11, 50027

Криворізький національний університет,

вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027

Анотація. Досліджені рівні концентрації пилових часток діаметром РМ 2,5 та РМ 10 на вулицях міста Кривий Ріг з різною інтенсивністю транспортного потоку. Визначена пряма залежність концентрації пилу від температури повітря та зворотна залежність від вологості повітря. Відмічене перевищення допустимих концентрацій пилу протягом липня-серпня у два рази порівняно з допустимими нормами.

Ключові слова: викиди, запиленість, забруднення атмосфери, концентрація часток.

Вступ.

Атмосферне повітря – найважливіший природний ресурс, від якого в значній мірі залежить стан навколишнього середовища і здоров'я людини.

За висновками Центральної геофізичної обсерваторії України ім. Бориса Срезневського у першому півріччі 2022 року оцінка стану та характеристик забруднення атмосфери проводилася у 39 найбільших містах України на 129 стаціонарних постах загальної державної системи моніторингу гідрометслужби [6].

У перші шість місяців 2022 року рівень забруднення атмосфери (за відповідністю до комплексного параметру – індексу забруднення атмосферного повітря) був оцінений як надто високий у м. Маріуполі. У десяти містах України



рівень забруднення визначався як високий – це міста Запоріжжя, Кривий Ріг, Кам'янське, Київ, Одеса, Дніпро, Миколаїв, Херсон, Черкаси, Кременчук.

Окрім розвинутої промисловості потужний вплив у забруднення атмосферного повітря міста Кривий Ріг вносить транспорт, зокрема автомобільний. Втім, частку його у загальній масі забруднень встановити практично неможливо. Тому актуальним є вимірювання загального рівня забруднення у місцях концентрації автомобільного транспорту.

Забруднення повітря автотранспортом має ще більший вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення, ніж вважається зазвичай. По-перше, значна кількість автомобілів сконцентрована у густонаселених районах, таких як міста та промислові центри. По-друге, викиди автомобілів відбуваються в приземних шарах атмосфери, де проживають люди і де найгірші умови для їх розсіювання. По-третє, відпрацьовані гази містять висококонцентровані токсичні речовини, які є основними забруднювачами повітря. Ці шкідливі речовини можуть залишатися в атмосфері від десяти днів до півроку.

В автомобільних вихлопах міститься понад 200 токсичних хімічних сполук, більшість з яких – це вуглеводні. Через їхню різноманітність досліджуються лише найбільш поширені компоненти або їхні групи.

Окрім прямого впливу на людину, автомобільні викиди спричиняють непрямі наслідки. Підвищення рівня діоксиду вуглецю, який є природним компонентом атмосфери, сприяє глобальному потеплінню (парниковому ефекту).

Отже, актуальним продовжує залишатись питання оцінки кількості забрудників, що потрапляють у атмосферне повітря від автотранспорту. Особливу увагу при цьому заслуговує саме пил, що є потужною проблемою, особливо у таких промислових містах як Кривий Ріг.

Мета роботи: визначити параметри забруднення атмосферного повітря пилом різної дисперсності для оцінки його впливу на оточуюче середовище та здоров'я населення.



Вивченню пилового забруднення від автомобільного транспорту в умовах великих міст присвячується велика увага серед науковців всього світу. Зокрема, досліджуються проблеми джерел утворення пилу [1, 2, 9-11], диференціації пилу за фракційним складом [3, 5, 8], а також стану атмосферного повітря в цілому [4, 7].

Методика досліджень.

Дослідження стану атмосферного повітря м. Кривий Ріг проводились у період з 01 квітня по 31 серпня 2024 року. У якості пробних ділянок було обрано об'єкти у межах м. Кривий Ріг. Перша пробна ділянка – вулиця з інтенсивним рухом автотранспорту (проспект Миру) має шість смуг для руху та характеризується високою інтенсивністю трафіку 50-70 одиниць на хвилину (од/хв). Вулиця з помірним потоком транспорту (вулиця Героїв АТО) – ділянка з одностороннім рухом у дві смуги з інтенсивністю трафіку 8-10 од/хв. У якості контрольної ділянки було обрано паркову зону (парк ім. Б. Хмельницького), точка відбору проб віддалена від найближчих автодоріг на відстань мінімум 200 м.

Вимірювання запиленості повітря проводили за допомогою ручного приладу Particle counter НТ-9600. Вимірювання, згідно до технічних характеристик приладу, проводиться оптоелектронним методом при протягуванні повітря за допомогою насоса. Швидкість протягування повітря 1 л/хв, тривалість одного заміру – 2 хв. Прилад дозволяє одночасно встановлювати кількість часток діапазону РМ 2,5 та РМ 10.

Збір даних проводили щоденно у період з 12:00 до 13:00 год. Для забору проб прилад тримали на висоті 150-160 см від дорожнього покриття стоячи на узбіччі дороги на мінімальній безпечній відстані від проїжджої частини. Така висота розміщення приладу відповідає шару повітря на рівні органів дихання людини.

Результати досліджень.

Нами проведено аналіз динаміки денної температури (рисунок 1) та відносної вологості повітря (рисунок 2), як ключових параметрів навколишнього



середовища, що впливають на інтенсивність виносу пилу у повітря із дорожнього полотна.

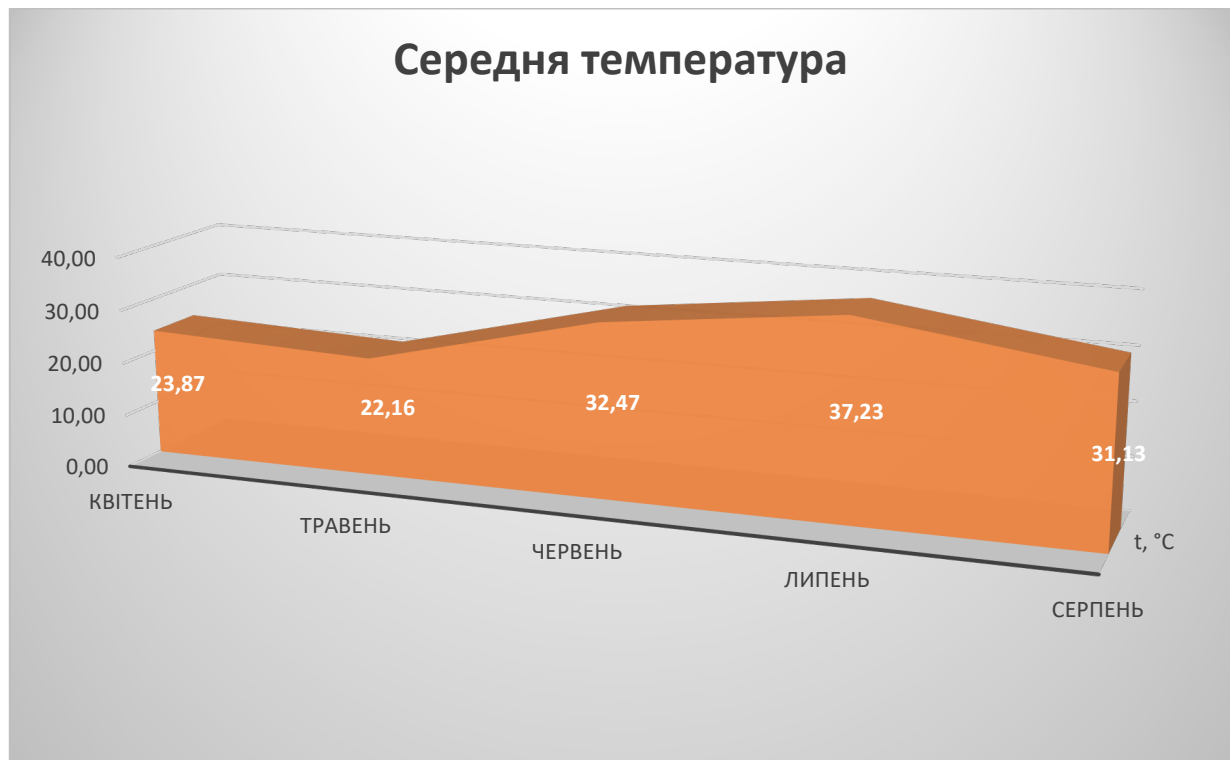


Рисунок 1 – Динаміка денної температури



Рисунок 2 – Динаміка відносної вологості повітря



За результатами вимірювань можна стверджувати, що динаміка концентрації пилових часток у атмосфері детермінується сукупною дією показників температури та вологості. При цьому спостерігається пряма залежність від значення температури та обернена – від вологості повітря.

Усереднені результати вимірювання параметрів стану атмосферного повітря та запиленості повітря за фракціями наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Усереднені результати вимірювань запиленості

			Інтенсивний потік транспорту		Помірний потік транспорту		Умовний контроль	
Місяць	t, °C	φ, %	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
Квітень	23,87	55,80	11,40	26,70	5,60	18,50	3,70	9,40
Травень	22,16	48,84	14,77	35,03	9,55	26,87	6,00	16,06
Червень	32,47	48,87	27,97	62,40	15,27	34,80	10,17	26,03
Липень	37,23	33,10	42,55	92,61	32,90	58,65	18,74	39,68
Серпень	31,13	39,26	33,16	72,81	24,32	47,26	13,32	30,16

При аналізі таблиці 1 виявлено, що показники запиленості за обома розмірностями у квітні, навіть у своїх пікових значеннях не перевищують норм, встановлених Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я (ВООЗ) не більше 25 часток розмірністю PM 2,5 та не більше 50 часток розмірністю PM 10 [12].

У травні спостережене наближення значень концентрацій пилу до допустимих максимумів на ділянці з інтенсивним рухом, та перевищення допустимих меж за параметром PM 10 протягом лише двох днів – 24.05.24 та 25.05.24.

Результати досліджень за червень показують інтенсифікацію запилення на усіх дослідних ділянках. Значення концентрацій пилу на вулиці з помірним рухом досягають максимально допустимих параметрів, але перевищення не спостережені. На ділянці з інтенсивним рухом перевищення норм спостерігалось протягом 18 днів для часток PM 2,5 та протягом 21 для PM 10.

Протягом липня значення запиленості перевищували норму як на ділянці з інтенсивним рухом, так і з помірним рухом. Причому на ділянці з інтенсивним рухом запиленість за PM 10 перевищувала норму більш ніж удвічі протягом 9



днів. Такі значення пояснюються аномальною спекою з середнім значенням 37,23 °C та тривалою відсутністю опадів.

За результатами вимірювань у серпні видно, що інтенсивність запилення дещо знижується порівняно зі значеннями, зафіксованими у липні, але загальні показники залишаються за межами нормальних значень.

На ділянці з інтенсивним потоком транспорту відзначено перевищення концентрації часток РМ 2,5 порівняно з нормативом, встановленим Всесвітньою Організацією Охорони Здоров'я – не більше 25 часток на м³ [12], протягом усіх літніх місяців.

Також для даної ділянки відмічене перевищення концентрації пилу розмірністю РМ 10 протягом літнього періоду порівняно зі встановленою ВООЗ максимальною нормою у 50 часток на м³ [12].

Особливо високі параметри запилення спостерігались протягом липня. При цьому констатували перевищення концентрації пилу більш ніж у два рази. Такі показники пояснюються аномальною спекою влітку 2024 року (середня температура повітря вдень протягом липня – 37,23 °C) та відсутністю опадів (Рис. 3-4).

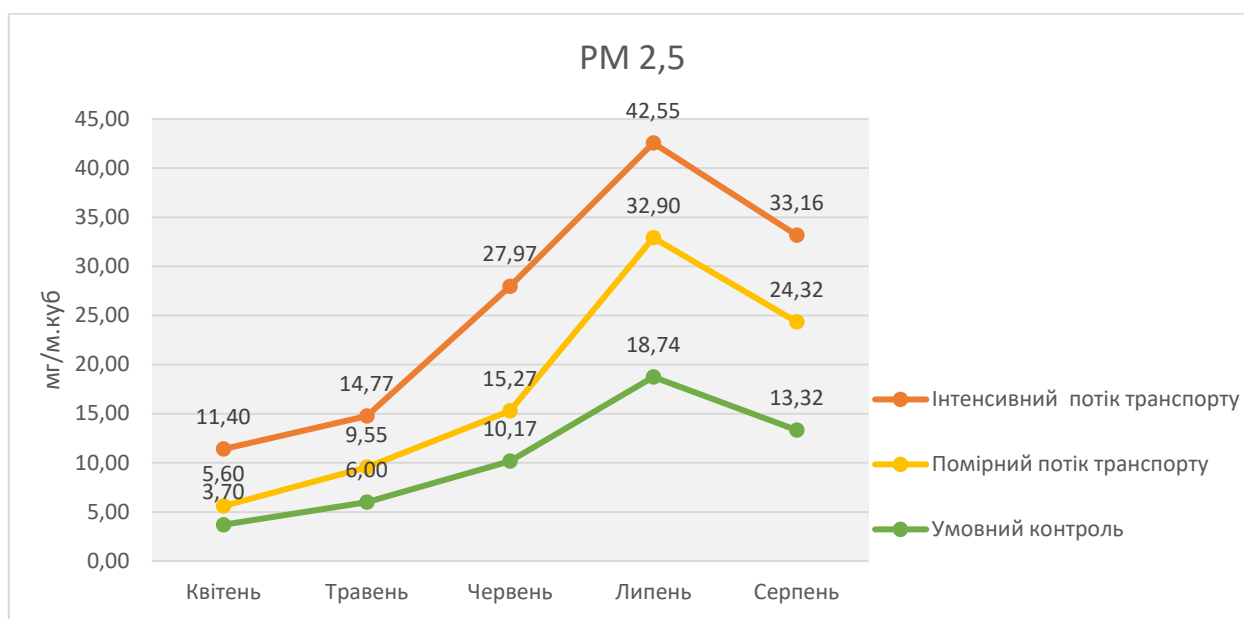


Рисунок 3 – Інтенсивність запилення частками РМ 2,5



На ділянці з помірним рухом автотранспорту спостережене перевищення концентрації пилу за обома розмірностями протягом липня. Також високі показники запиленості – на верхній межі норми – простежуються у серпні.

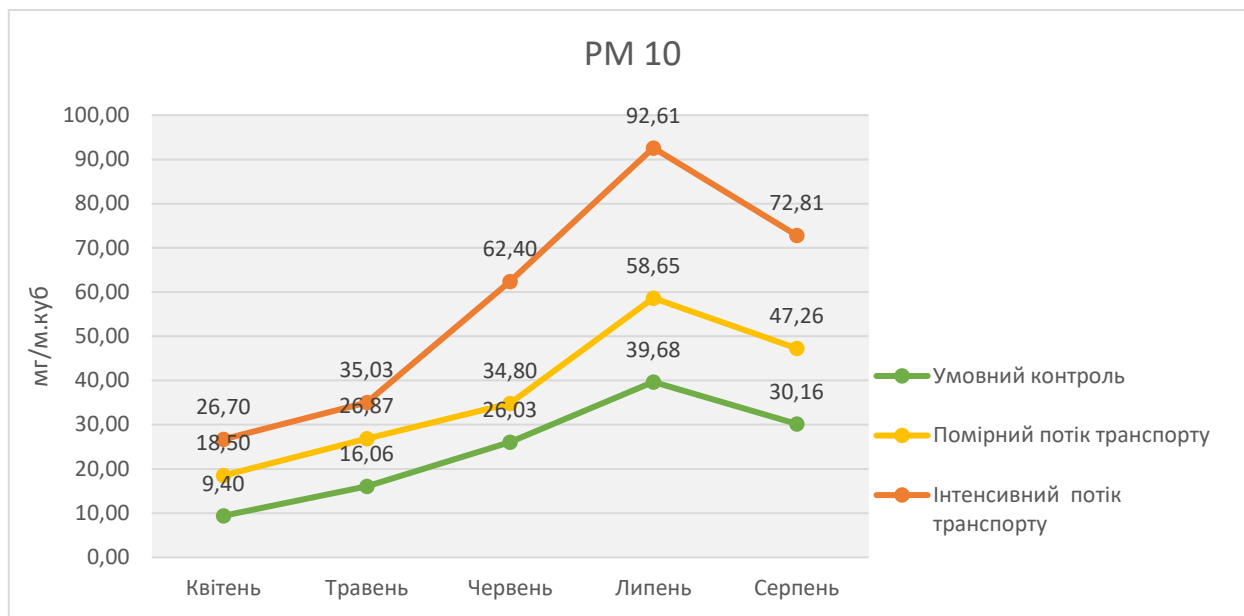


Рисунок 4 – Інтенсивність запилення частками РМ 10

Контрольна ділянка у парковій зоні характеризувалась нормальними показниками запилення протягом усього періоду спостереження зі збереженням загальної тенденції до збільшення концентрацій при підвищенні рівня температури атмосферного повітря та зниженої вологості.

Такі високі показники запилення на думку авторів можна пояснити ефектом сумачії надходження у атмосферу міста Кривий Ріг пилу безпосередньо від викидів автомобілів, їх механічного руху, зносу деталей та механізмів автотранспорту, а також від підприємств гірничої та металургійної промисловості, які сконцентровані в межах міста.

Зниження рівня пилових та газових викидів від автотранспорту у містах може бути досягнуте шляхом поступового переходу від двигунів з використанням викопного палива на альтернативні види, зокрема гідрогенові двигуни та електромобілі.



Висновки.

1. Стан атмосферного повітря м. Кривий Ріг характеризуються підвищеним рівнем забруднення через сукупну дію антропогенного впливу від гірничої та металургійної промисловості, а також від транспорту, в тому числі автомобільного.
2. Ключовими підходами до зменшення впливу автотранспорту на довкілля є державне регулювання транспортної політики та перехід до альтернативних видів палива.
3. Концентрація пилу на ділянці з інтенсивним рухом транспорту характеризується перевищенням нормативу протягом всього літнього періоду з піком у липні, коли відхилення від норми сягає більше ніж подвійних значень – РМ 2,5 – 49 часток, РМ 10 – 109 часток. Для ділянки з помірним рухом перевищення норми спостережене лише протягом липня.
4. На всіх досліджених ділянках спостерігається пряма залежність концентрації пилу від температури повітря та обернена – від вологості.
5. Причиною перевищення норм запиленості є сукупна дія викидів від автотранспорту та від промислових підприємств.

Література:

1. Adams, K.; Greenbaum, D.S.; Shaikh, R.; van Erp, A.M.; Russell, A.G. Particulate matter components, sources, and health: Systematic approaches to testing effects. J. Air Waste Manag. Assoc. 2015, 65, 544–558.
2. Amato, F.; Pandolfi, M.; Moreno, T.; Furger, M.; Pey, J.; Alastuey, A.; Bukowiecki, N.; Prevot, A.S.H.; Baltensperger, U.; Querol, X. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. Atmos. Environ. 2011, 45, 6777–6787.
3. Casotti Rienda, I.; Alves, C.A.; Nunes, T.; Soares, M.; Amato, F.; Sánchez de la Campa, A.; Kováts, N.; Hubai, K.; Teke, G. PM10 Resuspension of Road Dust in Different Types of Parking Lots: Emissions, Chemical Characterisation and Ecotoxicity. Atmosphere 2023, 14, 305.



4. European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe—2020 Report; EEA: Copenhagen, Denmark, 2020; ISBN 978-92-9480-292-7.
5. Harrison, R.M.; Allan, J.; Carruthers, D.; Heal, M.R.; Lewis, A.C.; Marner, B.; Murrells, T.; Williams, A. Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and VOC from road traffic: A review. *Atmos. Environ.* 2021, 262, 118592.
6. <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/>.
7. OECD. Non-Exhaust Particulate Emissions from Road Transport; OECD: Paris, France, 2020; ISBN 9789264452442.
8. Pant, P.; Harrison, R.M. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. *Atmos. Environ.* 2013, 77, 78–97.
9. Penkała, M.; Ogrodnik, P.; Rogula-Kozłowska, W. Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control. *Environments* 2018, 5, 9.
10. Song, Y.; Xie, S.; Zhang, Y.; Zeng, L.; Salmon, L.G.; Zheng, M. Source apportionment of PM_{2.5} in Beijing using principal component analysis/absolute principal component scores and UNMIX. *Sci. Total Environ.* 2006, 372, 278–286.
11. Timmers, V.R.J.H.; Achten, P.A.J. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmos. Environ.* 2016, 134, 10–17.
12. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – 273 p. ISBN 978-92-4-003422-8 (electronic version).

References.

1. Adams, K.; Greenbaum, D.S.; Shaikh, R.; van Erp, A.M.; Russell, A.G. Particulate matter components, sources, and health: Systematic approaches to testing effects. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2015, 65, 544–558.
2. Amato, F.; Pandolfi, M.; Moreno, T.; Furger, M.; Pey, J.; Alastuey, A.; Bukowiecki, N.; Prevot, A.S.H.; Baltensperger, U.; Querol, X. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. *Atmos. Environ.* 2011, 45, 6777–6787.
3. Casotti Rienda, I.; Alves, C.A.; Nunes, T.; Soares, M.; Amato, F.; Sánchez de la Campa, A.; Kováts, N.; Hubai, K.; Teke, G. PM₁₀ Resuspension of Road Dust in Different Types of Parking Lots: Emissions, Chemical Characterisation and Ecotoxicity. *Atmosphere* 2023, 14, 305.
4. European Environment Agency (EEA). Air Quality in Europe—2020 Report; EEA: Copenhagen, Denmark, 2020; ISBN 978-92-9480-292-7.



5. Harrison, R.M.; Allan, J.; Carruthers, D.; Heal, M.R.; Lewis, A.C.; Marner, B.; Murrells, T.; Williams, A. Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and VOC from road traffic: A review. *Atmos. Environ.* 2021, 262, 118592.
6. <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/>.
7. OECD. Non-Exhaust Particulate Emissions from Road Transport; OECD: Paris, France, 2020; ISBN 9789264452442.
8. Pant, P.; Harrison, R.M. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. *Atmos. Environ.* 2013, 77, 78–97.
9. Penkała, M.; Ogrodnik, P.; Rogula-Kozłowska, W. Particulate Matter from the Road Surface Abrasion as a Problem of Non-Exhaust Emission Control. *Environments* 2018, 5, 9.
10. Song, Y.; Xie, S.; Zhang, Y.; Zeng, L.; Salmon, L.G.; Zheng, M. Source apportionment of PM_{2.5} in Beijing using principal component analysis/absolute principal component scores and UNMIX. *Sci. Total Environ.* 2006, 372, 278–286.
11. Timmers, V.R.J.H.; Achten, P.A.J. Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmos. Environ.* 2016, 134, 10–17.
12. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. – 273 p. ISBN 978-92-4-003422-8 (electronic version).

Abstract. *The levels of particulate matter concentrations with diameters PM 2.5 and PM 10 were studied on the streets of Kryvyi Rih with varying traffic intensity. A direct correlation between dust concentration and air temperature, and an inverse correlation with air humidity, were identified. Exceedances of permissible dust concentrations were observed during July–August, with twice levels the allowable norms.*

Keywords: *emissions, dustiness, air pollution, particle concentration.*