

ГІГІЄНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

AMBIENT AIR HYGIENE

<https://doi.org/10.32402/hygiene2023.73.017>

УДК 614.71:351.777:504.06

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА АВТОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ (2015, 2018–2021 рр.)

*Туроц О.І., Петросян А.А., Царенок Т.В., Брезіцька Н.В., Моргульова В.В.,
Давиденко Г.М., Михіна Л.І., Кобзаренко І.В., Сидоренко О.О.*

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзесева НАМН України», м. Київ, Україна
e-mail: nbrez@ukr.net

*Туроц О.І. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0128-1647>
Петросян А.А. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3353-8574>
Царенок Т.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1110-8060>
Брезіцька Н.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9832-3531>
Моргульова В.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3089-0334>
Давиденко Г.М. ORCID <https://orcid.org/0009-0002-8613-5143>
Михіна Л.І. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0590-6229>
Кобзаренко І.В. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8930-8604>
Сидоренко О.О. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8588-6979>*

Мета роботи: аналіз еколого-гігієнічної ситуації забруднення атмосферного повітря від викидів промислових підприємств та автотранспорту в Україні в цілому та на досліджуваних територіях, зокрема для розроблення оціночних підходів щодо ефективності прийняття управлінських рішень (зокрема, адаптаційних заходів до змін клімату) на державному рівні.

Об'єкт і методи дослідження: проведено аналіз забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту в Україні на підставі даних офіційної статистичної звітності (2015, 2018-2021 рр.) за допомогою методів одномерної статистики в середовищі програмного комплексу EXCEL; вихідна інформація – форми державного статистичного спостереження №2-ТП (повітря) (річна).

Результати дослідження та їх обговорення. На підставі офіційних статистичних даних за 2015, 2018-2021 рр. встановлено загальне зменшення забруднення атмосферного повітря від викидів стаціонарних та пересувних джерел, що в основному пов'язано з операцією Об'єднаних сил на сході країни (майже на 8,6%), спадом промислового виробництва (пандемією Covid-19) та впровадженням природоохоронних заходів. Водночас спостерігається поступове збільшення забруднення в «умовно чистих» областях України, таких як Житомирська, Волинська, Хмельницька, Херсонська (в середньому на 6,16% щорічно). Визначено, що провідні позиції забруднення атмосферного повітря викидами речовин у вигляді супензованих твердих часток, вуглецем оксидом, азотом діоксидом та сіркою діоксидом займають (2021 р.; тенденція зберігається із року в рік): Донецька,

Дніпропетровська, Івано-Франківська, Харківська, Київська (м. Київ), Вінницька та Запорізька області. Така ситуація обумовлена зосередженням великої кількості потужних теплоенергетичних (використання викопного палива), переробних (металургійних, коксохімічних, машинобудівних, добувних тощо) промислових підприємств та наявністю автотранспортних потоків. Найвищі викиди неметанових летких органічних сполук характерні для: Полтавської, Івано-Франківської, Харківської, Вінницької та Львівської областей, що є доказом зосередженості у даних областях сільськогосподарських та хімічних промислових підприємств. Зазначено необхідність розроблення та впровадження стратегій або планів дій з мітигації та адаптації до зміни клімату, пов'язаних з викидами парникових газів.

Висновки: показано, що промислове забруднення (63% у загальному забрудненні) атмосферного повітря в Україні є нагальною проблемою не тільки регіонів (зокрема, техногенно-навантажених), але й держави в цілому, що доводять численні наукові дослідження та представлений аналіз валового забруднення у різних країнах від викидів промислових підприємств та автотранспорту. Проведені дослідження дозволили виявити небезпечні фактори забруднення атмосферного повітря в різних регіонах України для подальших оцінок рівнів їх впливу, визначення медико-соціальних та економічних наслідків для здоров'я населення. Це спонукало до пошуку комплексних методичних підходів, які будуть направлені на покращення якості атмосферного повітря та здоров'я населення України на підставі оцінок аналізу «витрати-вигоди» для розроблення природоохоронних та профілактических (зокрема, адаптаційних до змін клімату) управлінських заходів.

Ключові слова. Забруднення атмосферного повітря, забруднююча речовина, валові викиди, зміни клімату, управління ризиком.

ECOLOGICAL AND HYGIENIC ANALYSIS OF AIR POLLUTION BY INDUSTRIAL ENTERPRISES AND VEHICLES EMISSIONS IN UKRAINE (FOR 2015, 2018–2021)

*O. Turos, A. Petrosian, T. Tsarenok, N. Brezitska, V. Morhulova,
H. Davydenko, L. Mykhina, I. Kobzarenko, O. Sidorenko*

SI «O.M. Marzieiev Institute for Public Health of the NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Objective: analysis of the ecological and hygienic situation of air pollution by industrial enterprises and vehicles emissions in Ukraine in general and in the studied territories, in particular for the evaluation approaches development regarding the effectiveness of management decision-making (including climate change adaptation measures) at the state level.

Materials and methods: has been conducted an analysis of air pollution by industrial enterprises and vehicles emissions in Ukraine on the basis of the official statistical reporting data (2015, 2018-2021) by using the one-dimensional statistics methods in the EXCEL software complex environment; source information – state statistical observation forms No. 2-TP (air/annual).

Results. Has been established a general decrease in air pollution from stationary and mobile sources emissions, which is mainly related to the operation of the United Forces in the east of the country (by almost 8.6%), industrial production decline (Covid-19 pandemic) and implementation of environmental protection measures based on the official statistical data for 2015, 2018-2021. At the same time, there is a gradual pollution increase in the "conditionally clean" regions of Ukraine, such as Zhytomyrska, Volynska, Khmelnytska, Khersonska (on average by 6.16% annually). It was determined that the leading positions of air pollution by emissions of particulate matter, carbon dioxide, nitrogen dioxide and sulfur dioxide are occupied (2021; the trend persists year by year): Donetska, Dnipropetrovska, Ivano-Frankivska, Kharkivska, Kyivska (Kyiv city), Vinnytska, and Zaporizka regions. This situation is due to the concentration of a large number of powerful thermal power plants (use of fossil fuels), processing (metallurgical, coke-

chemical, machine-building, mining, etc.) industrial enterprises and the presence of powerful traffic flows. The highest emissions of non-methane volatile organic compounds are typical for: Poltavska, Ivano-Frankivska, Kharkivska, Vinnytska and Lvivska regions, which is proof of the agricultural and chemical industrial enterprises concentration in these areas. It is necessary to develop and implement the strategies or action plans for mitigation and adaptation to climate change, related to greenhouse gas emissions.

Conclusions: has been shown that industrial air pollution (63% of total) in Ukraine is an urgent problem not only of the regions (in particular, technologically loaded), but also the state in general, which is proven by numerous scientific studies and gross pollution analysis in different countries from industrial enterprises and vehicles emissions. The conducted research made it possible to identify dangerous factors of air pollution in different regions of Ukraine for the further impact levels assessments and determination of medical, social and economic consequences for the human health. This was prompted the search for complex methodological approaches, which will be aimed at improving the air quality and the human health in Ukraine based on cost-benefit analysis estimates for the environmental protection and preventive development management measures (in particular, adaptation to climate change).

Keywords. Air pollution, pollutant, gross emissions, climate change, risk management.

Загальновідомо, що високий рівень промислового та транспортного забруднення атмосферного повітря в Україні підкреслює актуальність вирішення проблеми охорони здоров'я населення, яке проживає у техногенно-навантажених регіонах [1-4].

Національна політика у сфері охорони та управління якістю атмосферного повітря вимагає кардинальних змін щодо виконання Україною міжнародних зобов'язань, шляхом імплементації та реалізації у практиці основних міжнародних документів: конвенцій (основні: конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та 8 Протоколів до неї, рамкова конвенція ООН про зміну клімату, Оргуська, Віденська та Стокгольмська конвенції тощо) та Директив ЕС 2008/50/ЕС, 2004/107/ЕС, 2010/75/ЕС. Основною вимогою цих документів є впровадження сучасних інструментів та підходів щодо оцінки якості / зменшення забруднення атмосферного повітря та його впливу на громадське здоров'я та кліматичні процеси [5-7].

Відсутність в Україні єдиного законодавчого поля, методичних підходів до оцінки забруднення атмосферного повітря та його впливу на здоров'я експонованого населення, призводить до відсутності міжсекторальної координації органів виконавчої влади, унеможливлюючи комплексні оцінки та ефективність прийняття управлінських рішень (зокрема адаптаційних заходів до зміни клімату). Тому метою роботи було проведення аналізу еколого-гігієнічної ситуації забруднення атмосферного повітря в Україні в цілому та на досліджуваних територіях для розроблення оціночних підходів щодо ефективності прийняття управлінських рішень (зокрема адаптаційних заходів до змін клімату) на державному рівні.

Об'єкт і методи дослідження. У відповідності до поставлених завдань було проведено аналіз забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств та автотранспорту в Україні на підставі даних офіційної статистичної звітності (2015, 2018-2021 рр.) за допомогою методів одномірної статистики в середовищі програмного комплексу Excel [8,9].

Вихідна інформація щодо кількості викидів забруднюючих речовин (далі – ЗР) та парникових газів була представлена: за видами ЗР, наведеними у додатку 1 до Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин та парникових газів, що викидаються в атмосферне повітря, затвердженої наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.05.2002 р. за №177, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 22.05.2002 №445/6733 (зі змінами) (далі – Переліку); за видами економічної діяльності (клас за КВЕД). Дані були

проаналізовані за формами державного статистичного спостереження №2-ТП (повітря) (річна), затверджені наказом Держстату від 18.12.2019 р. за №405 на підставі щорічних звітів суб'єктів господарювання, об'єктів, які перебувають на державному обліку в галузі охорони атмосферного повітря та зобов'язані складати «Звіт про викиди забруднюючих речовин і парникових газів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів за звітний рік». Звітний період (календарний рік – з 1 січня по 31 грудня) щодо показників викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, відповідав Регламенту ЄС №691/2011 Європейського Парламенту і Ради від 06.07.2011 «Про Європейську систему еколого-економічних рахунків». Крім того, дані державного статистичного спостереження щодо викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів (далі – ДВ) є джерелом інформації для забезпечення підготовки щорічного національного звіту (кадастру) викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у межах виконання наявної «СпільноНої програми спостереження й оцінки поширення забруднювачів повітря на великі відстані в Європі».

Результати дослідження та їх обговорення. Спостереження свідчать, що протягом одного року в атмосферу України потрапляє близько 4 млн т шкідливих речовин від викидів промислових підприємств та автотранспорту [8]. Водночас найбільший внесок у загальне забруднення за останнє десятиліття (наведено дані у 2021 р.) вносять об'єкти промисловості (2,242 млн. т) та автомобільний транспорт (1,547 млн. т), що в основному обумовлене викидами промислових підприємств.

Така картина суттєво відрізняється від загальної структури забруднення повітря в багатьох державах світу, де сумарне забруднення транспортом складає від 50 до 90% [10,11]. Наприклад, у Білорусі викиди стаціонарних джерел від промислових підприємств становлять 458,3 тис. т, автотранспорту – 800,6 тис. т. Відповідно, у Молдові – 34,7 та 178,9 тис. т, у Азербайджані – 558,0 та 496,0 тис. т, у Грузії – 270,0 та 246,0 тис. т, у Вірменії – 34,3 та 172,2 тис. т, у Казахстані – 2357,0 та 1179,0 тис. т [12-16]. Найбільш близька, співставна картина, спостерігається в Казахстані, але Україна з цих країн має найвищий рівень забруднення повітря (рис. 1).

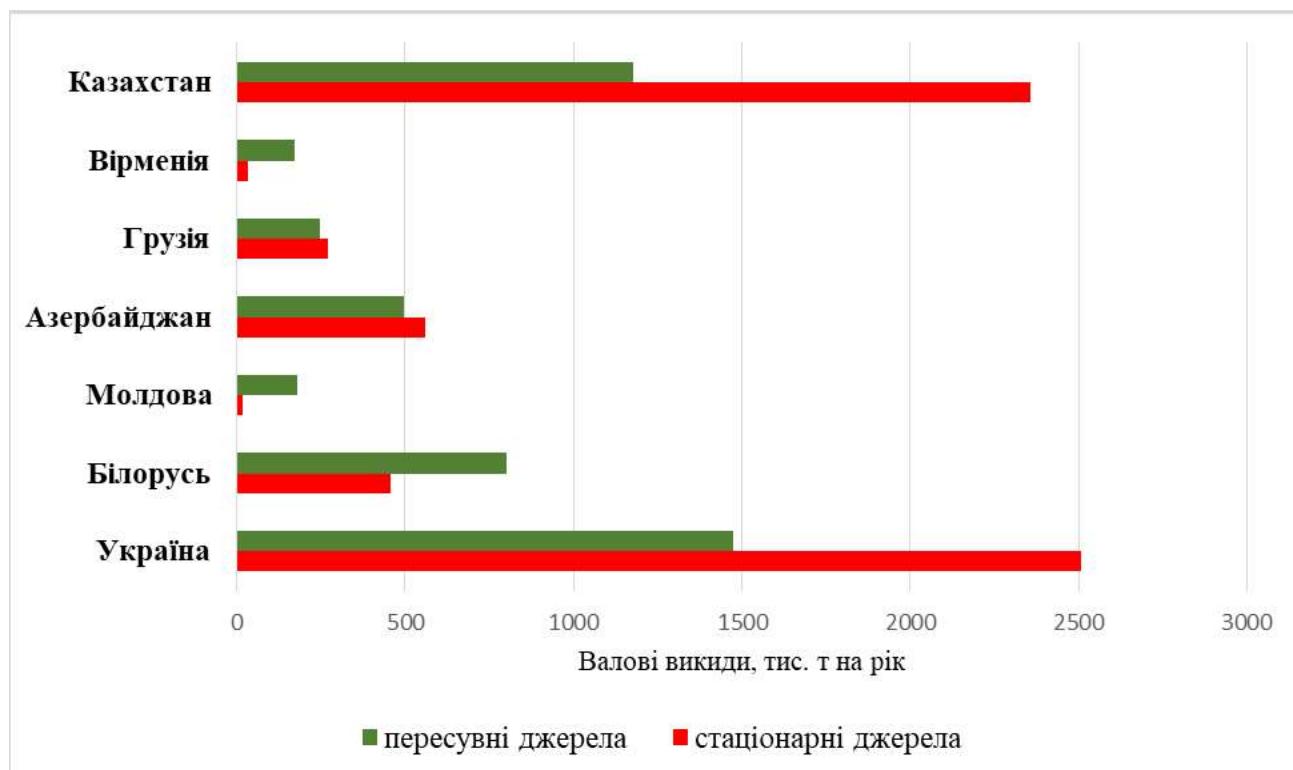


Рисунок 1. Порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря в різних країнах.

На рисунку 2 представлено структуру викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел та показано зосередженість промислового забруднення на сході та південному сході України, а саме у: Дніпропетровській, Донецькій та Запорізькій областях, де зосереджена найбільша кількість великих підприємств-забруднів, для промислових міст яких рівень забруднення атмосферного повітря характеризується як дуже високий.

Це підтверджено й статистичними даними щодо валових викидів в атмосферне повітря від стаціонарних ДВ, які представлено у таблиці 1 за регіонами (областями). Тенденція найбільш забруднених в Україні областей зберігається ще з 50-60 рр. минулого століття та в основному характерна для Донецької – 744,1 тис. т/рік, Дніпропетровської – 537,7 тис. т/рік, Запорізької – 148,2 тис. т/рік, Івано-Франківської – 172,4 тис. т/рік, Львівської – 75,4 тис. т/рік областей (2021 р.).

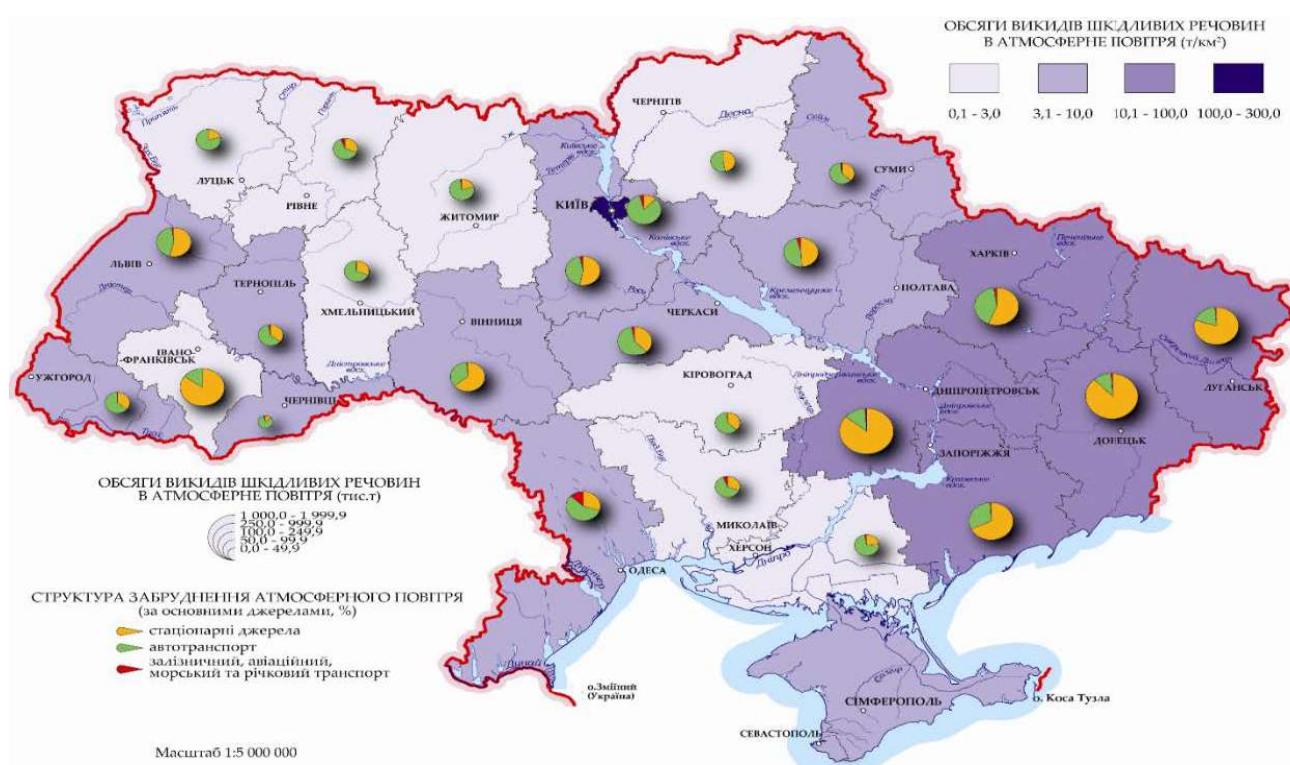


Рисунок 2. Структура забруднення атмосферного повітря стаціонарними та пересувними джерелами в Україні, 2021 р.

Хоча представлені та проаналізовані дані й свідчать про зменшення викидів ЗР, що в основному пов'язано з операцією Об'єднаних сил на сході країни, на території частини Донецької та Луганської областей (майже на 8,6%) та спадом промислового виробництва пов'язаного з пандемією Covid-19 і впровадженням природоохоронних заходів (в середньому на 16,9% по областях), але рівні забруднення залишаються на досить високому рівні. Водночас спостерігається поступове збільшення забруднення в «умовно чистих» областях України, таких як: Житомирська, Волинська, Хмельницька, Херсонська, Сумська області (в середньому на 6,16% щорічно).

Проведений аналіз щодо оцінки викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у розрахунку на квадратний кілометр за регіонами, показав цікаві результати на противагу оцінкам щодо загального забруднення. Встановлено, що провідне місце належить: м. Київ – 46,4 т, що насамперед пов'язано з високою концентрацією великих теплоенергетичних об'єктів та автотранспорту в місті; та промисловим регіонам: Донецька область – 28,1 т, Дніпропетровська – 16,8 т, Запорізька –

5,5 т (в основному – від викидів металургійних, добувних та машинобудівних підприємств); Івано-Франківська – 12,4 т, Львівська – 3,5 т, Вінницька – 3,0 т, Київська – 2,1 т, Черкаська – 2,3 т (від хімічних, сільськогосподарських та теплоенергетичних), у інших областях менше – 2 т. При цьому викиди ЗР за регіонами у розрахунку на одну особу на рік мають іншу картину, що обумовлено щільністю проживання населення та концентрацією промпідприємств за регіонами. Тут провідна роль належить: Донецькій – 182,4 кг, Дніпропетровській – 172,4 кг, Івано-Франківській – 127,1 кг, Запорізькій – 89,7 кг, Вінницькій – 52,2 кг, Черкаській – 40,7 кг, Полтавській – 38,5 кг, Київській – 33,1 кг, Львівській – 30,3 кг, в інших областях – менше 30 кг на одну особу.

Таблиця 1. Викиди ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, тис. т.

	Період				
	2015	2018	2019	2020	2021
Україна	2857,4	2508,3	2459,5	2238,6	2242,0
Автономна Республіка Крим*	–	–	–	–	–
Вінницька	134,7	97,3	99,7	78,2	79,3
Волинська	4,7	5,1	5,3	5,1	5,6
Дніпропетровська	723,9	614,3	576,9	534,7	537,7
Донецька	917,6	790,2	773,5	751,0	744,1
Житомирська	9,0	13,0	12,7	11,9	11,9
Закарпатська	4,4	4,0	3,7	3,3	2,8
Запорізька	193,7	174,7	173,4	155,5	148,2
Івано-Франківська	223,9	221,4	205	140,4	172,4
Київська	78,1	81,3	84,4	66,6	59,3
Кіровоградська	14,2	12,2	12,8	10,7	11,1
Луганська	115,2	46,7	37,4	35,5	35,1
Львівська	102,4	106,7	88,9	76,0	75,4
Миколаївська	15,8	13,1	12,1	11,2	12,2
Одеська	26,1	37,4	33,1	42,7	35,9
Полтавська	55,6	52,1	51,0	45,9	52,4
Рівненська	10,2	9,1	9,9	10,1	9,4
Сумська	17,5	20,8	21,7	20,9	18,3
Тернопільська	8,5	10,2	9,4	9,5	8,3
Харківська	53,4	44,7	106,5	94,1	73,4
Херсонська	8,9	12,4	17,8	17,8	17,1
Хмельницька	18,3	22,1	20,3	18,1	21,1
Черкаська	57,5	57,9	51,8	51,4	47,7
Чернівецька	3,2	2,7	2,4	1,8	1,7
Чернігівська	33,9	29,7	27,5	20,9	23,0
м. Київ	26,7	29,2	22,3	25,5	38,8

Примітка.

1. * – тимчасово окупована територія.

Також було визначено, що провідні позиції серед забрудників атмосферного повітря за видами економічної діяльності належать: електрогенеруючим та розподільчим підприємствам енергетики, які викидають 776,4 тис. т ЗР на рік. Друге місце займають металургійні виробництва – 689,1 тис. т; третє – добувна промисловість та розробка кар’єрів – 401,8 тис. т; четверте – сільське господарство та виробництво харчових продуктів –

67,3 тис. т. На рисунку 3 представлено викиди ЗР в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у розрізі видів економічної діяльності за регіонами у 2021 році (%).

Найбільші викиди ЗР характерні переробній промисловості (східна та південно-східна частина України – Донецька, Дніпропетровська та Запорізька області, де зосереджено основні металургійні, коксохімічні та машинобудівні підприємства); енергетиці (схід та південний схід – Донецька, Дніпропетровська та Запорізька області; центральна частина України – Вінницька область; захід – Івано-Франківська область, де зосереджено найпотужніші енергетичні об'єкти державного призначення); добувній промисловості (схід та південний схід – Донецька та Дніпропетровська області, розробка та видобуток корисних копалин); сільському господарству (центральна частина України – Вінницька, Черкаська та Полтавська області; північ – Чернігівська область, де розташовано основні сільськогосподарські підприємства, а саме: тваринні та птахівничі ферми; елеватори, насіннєві заводи, тощо).

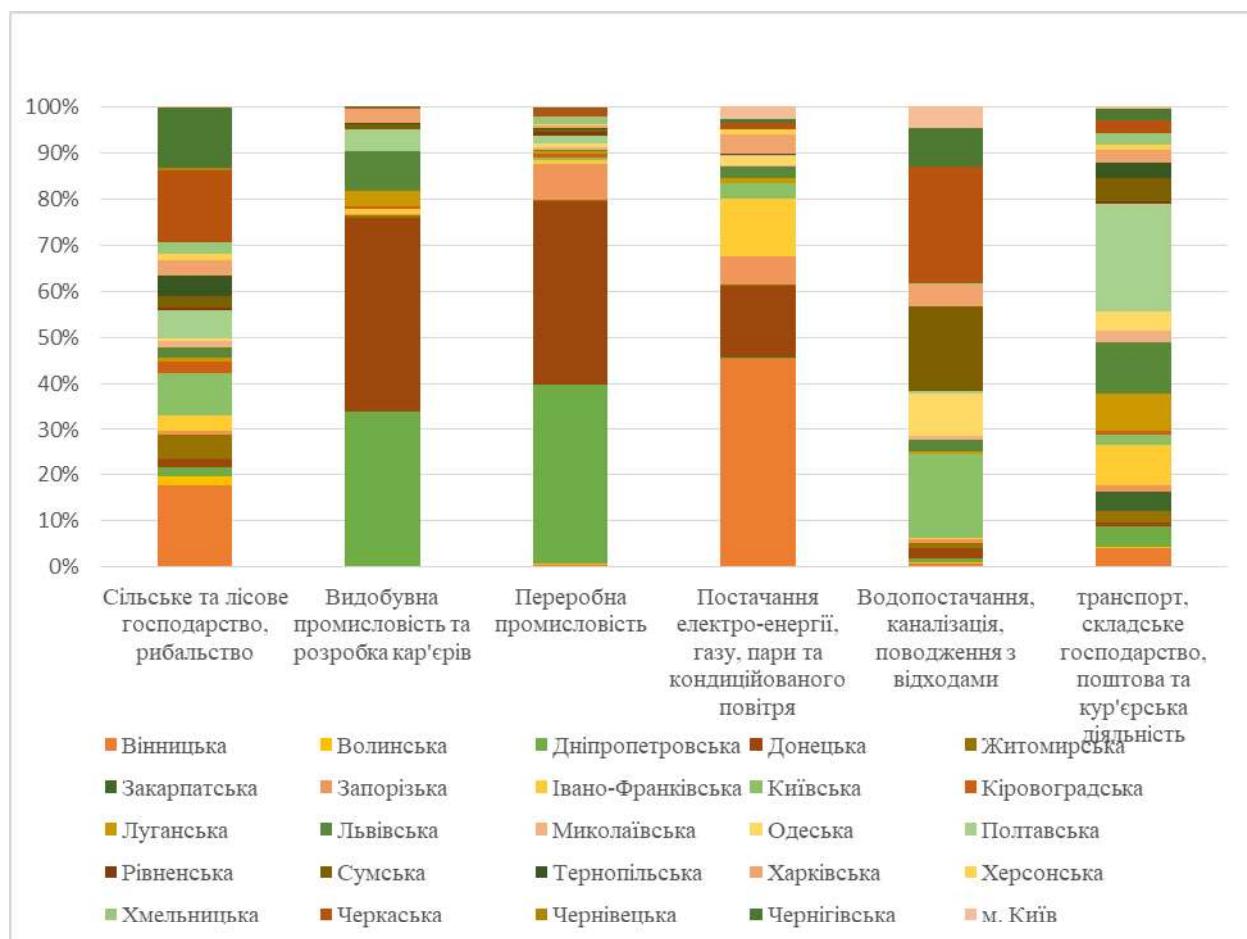


Рисунок 3. Викиди ЗР в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у розрізі видів економічної діяльності за регіонами у 2021 р., % [24].

Що стосується якісного складу викидів промислових підприємств та автотранспорту (2021 р., табл. 2.), то найбільш вагомий внесок у загальній структурі забруднення належить викидам: діоксиду та іншим сполукам сірки – 575,7 тис. т (від викидів автотранспорту – 19,6 тис. т), оксиду вуглецю – 704,3 тис. т (1164,9 тис. т), сполукам азоту – 195,5 тис. т (174,4 тис. т), неметановим летким органічним сполукам (далі – НМЛОС) – 41,1 тис. т (155,1 тис. т), метану – 454,9 тис. т (5,2 тис. т) та аміаку – 17,6 тис. т (0,008 тис. т) (рис. 4).

Проведений аналіз свідчить про важливу значущість як промислового, так і автотранспортного забруднення атмосферного повітря в Україні, а нерівномірність регіонального розподілу забруднення вимагає оцінок їх впливу на здоров'я населення.

Таблиця 2. Викиди окремих ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення, тис. т/рік.

Назва речовини стаціонарні/пересувні джерела	Період, рік				
	2015	2018	2019	2020	2021
Сірки діоксид	830,3/16,3	698,1/18,6	676,0/19,8	601,0/18,2	575,7/19,6
Азоту діоксид	233,8/152,9	215,3/170,4	205,1/178,8	181,3/161,8	195,5/174,4
Вуглецю оксид	764,1/1092,3	744,3/1230,6	748,4/1255,2	707,3/1084,7	704,3/1164,9
НМЛОС	47,3/157,4	43,7/162,8	42,5/162,6	40,6/141,7	41,1/155,1
Аміак	18,8/0,009	16,8/0,007	17,9/0,006	17,6/0,007	17,6/0,008
Метан	514,1/4,7	451,1/4,5	441,7/5,1	429,2/4,9	454,9/5,2

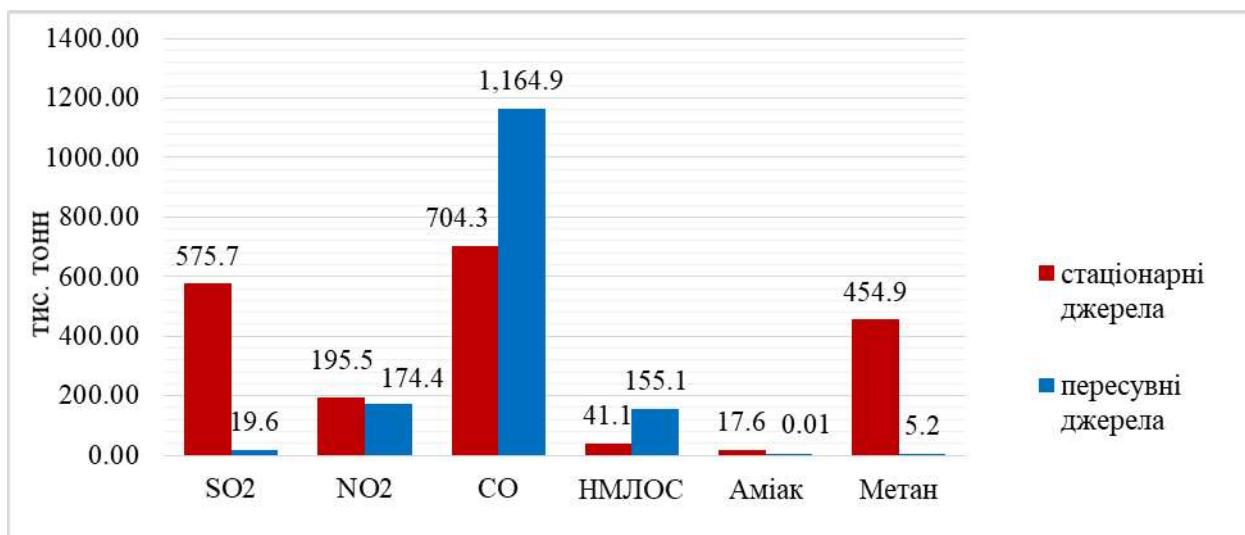


Рисунок 4. Порівняльний аналіз викидів ЗР в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у 2021 р., тис. т.

На підставі аналізу статистичних даних 2021 р. виявлено, що найбільша частка викидів вуглецю оксиду належить стаціонарним джерелам у: Донецькій – 297,1 тис. т, Дніпропетровській – 273,0 тис. т, Запорізькій – 52,0 тис. т областях (в інших регіонах – менше 20 тис. т). Викиди азоту діоксиду стаціонарним джерелам у: Донецькій – 35,5 тис. т, Дніпропетровській – 28,0 тис. т, Запорізькій – 23,0 тис. т, Івано-Франківській – 15,0 тис. т областях (в інших – менше 15,0 тис. т). Викиди сірки діоксиду в: Донецькій – 187,9 тис. т, Івано-Франківській – 120,0 тис. т, Запорізькій – 60,0 тис. т, Дніпропетровській – 55,3 тис. т, Вінницькій – 40,4 тис. т областях (в інших регіонах – менше 35 тис. тис. т). Зведені дані ілюструють використання твердого палива (вугілля) на теплоенергетичних підприємствах. Викиди НМЛОС складають у: Полтавській – 11,5 тис. т, Івано-Франківській – 5,1 тис. т, Харківській – 2,6 тис. т, Вінницькій – 2,2 тис. т, Львівській – 2,2 тис. т. областях (в інших регіонах – менше 2,0 тис. т). Отримані результати щодо викидів НМЛОС є доказом зосередженості у даних областях сільськогосподарських та хімічних промислових підприємств.

Що стосується пересувних джерел, то найвищі рівні забруднення вищевказаних хімічних речовин спостерігаються у Дніпропетровській, Одеській, Львівській, Київській, Полтавській, Харківській областях та у м. Київ. Наведені дані є результатом високої концентрації автомобілів у даних регіонах, оскільки вони є діловими центрами України.

Також слід зауважити, що однією з основних ЗР у загальній структурі забруднення атмосферного повітря є речовини у вигляді суспендованих твердих часток (зокрема, пил НДЗС, сажа, PM₁₀ та PM_{2.5}), викиди яких характерні майже для всіх основних галузей економіки та автотранспорту (табл. 3, рис. 5).

Таблиця 3. Викиди речовин у вигляді суспендованих твердих часток в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних ДВ, тис. т/рік.

Назва речовини стаціонарні/пересувні джерела	Період, рік				
	2015	2018	2019	2020	2021
Пил НДЗС	349,6/ –	317,5/ 24,7	310,3/ 26,5	248,9/ 24,6	262,9/ 26,6
PM ₁₀	67,9/ –	54,1/ –	65,7/ –	55,3/ –	69,8/ –
PM _{2.5}	19,7/ –	21,2/ –	24,6/ –	22,3/ –	22,4/ –
Сажа	6,5/ 23,8	5,9/ 24,1	4,2/ 26,5	3,9/ 24,6	3,1/ 26,6

Порівняльний аналіз викидів показав, що провідні позиції щодо забруднення атмосферного повітря пилом від промислових підприємств та автотранспорту займають (2021 р.): Донецька (63,2 тис. т), Дніпропетровська (56,9 тис. т), Івано-Франківська (21,5 тис. т), Харківська (21,2 тис. т), Київська (16,6 тис. т), Вінницька (11,9 тис. т) та Запорізька (10,4 тис. т) області, що обумовлено зосередженням великої кількості потужних теплоенергетичних, переробних (металургійних, коксохімічних, машинобудівних, добувних тощо) промислових підприємств та потужними автотранспортними потоками.

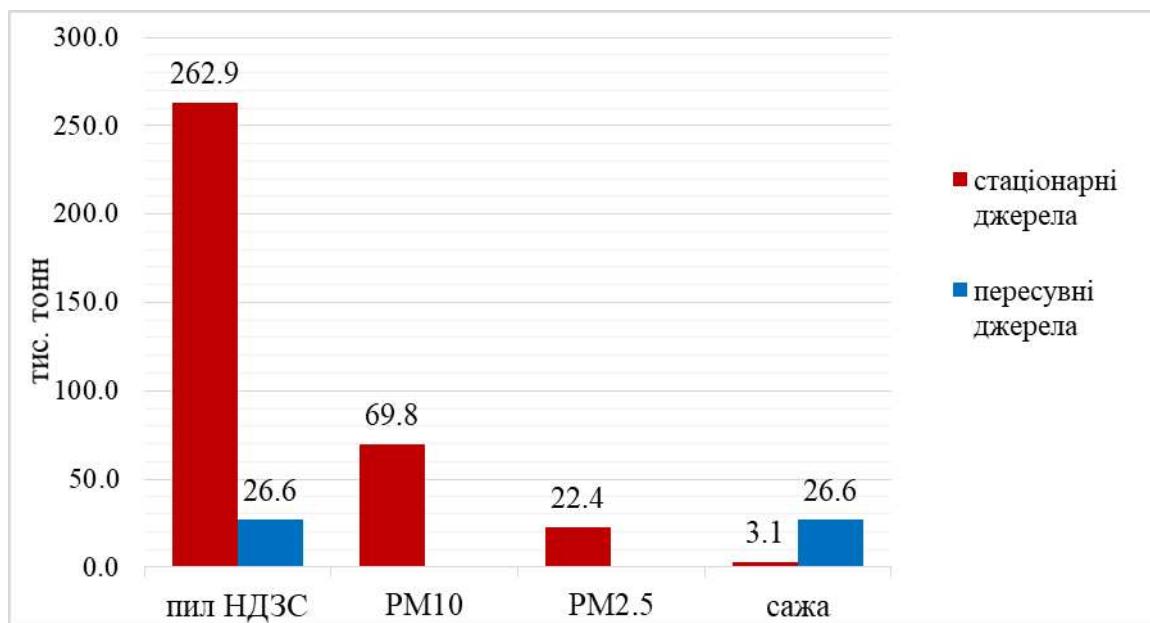


Рисунок 5. Порівняльний аналіз викидів речовин у вигляді суспендованих твердих часток в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення у 2021 р., тис. т.

Водночас у промислово-навантажених регіонах спостерігається тенденція до зниження викидів пилу (в основному за рахунок активної позиції екологічних громадських організацій та проведенню промисловими підприємствами природоохоронних заходів), але в «умовно чистих» регіонах загальна картина характеризується щорічним поступовим збільшенням валових викидів.

Що стосується аналізу забруднення атмосферного повітря в Україні важкими металами та іншими специфічними хімічними речовинами, то найбільший внесок у загальну структуру забруднення вносять (2021 р.): залізо – 2364,6 т, марганець та його сполуки – 300,1 т, алюмінію оксид – 195,7 т (інші важкі метали менше 100 т на рік); органічні аміні – 756,4 т; хлор та його сполуки – 250,2 т; стійкі органічні забруднювачі (далі – СОЗ) – 341,4 т; поліароматичні вуглеводні (далі – ПАВ) – 329,9 т; фтористий водень, ціаністий водень, фреони та озон – менше 50 т на рік (табл. 4). Таблиця 4 ілюструє тенденцію суттєвого зменшення викидів забруднюючих речовин за останні роки (2018-2019 рр.), у порівнянні з 2015 роком, окрім викидів органічних амінів, СОЗ та ПАВ, кількість яких збільшилась майже у 2-3,8 рази, що обумовлено широким їх використанням у сільському господарстві, хімічній, косметичній промисловості, побуті тощо. Слід зазначити, що ці речовини за даними багаторічних наукових досліджень відносяться до ендокринних руйнівників та являються причиною виникнення багатьох захворювань, таких як: ожиріння, діабет, захворювання серцево-судинної системи, порушення репродуктивного здоров'я у чоловіків та жінок, гормонально-чутливі види раку, захворювання щитоподібної залози, тощо [17].

Таблиця 4. Викиди важких металів та інших хімічних речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, т/рік.

Назва речовини	Період				
	2015	2018	2019	2020	2021
Кадмій	4,0	2,8	–	2,6	2,4
Мідь	60,0	64,9	–	52,2	48,0
Нікель	45,4	44,6	–	32,9	32,5
Ртуть	4,9	6,4	–	4,3	4,4
Свинець	83,2	77,5	69,5	63,4	46,7
Хром	61,8	54,0	50,0	38,4	38,2
Цинк	231,5	161,7	163,3	216,9	173,6
Залізо	10686,3	6423,0	4283,3	3358,2	2364,6
Алюмінію оксид	825,1	462,6	600,0	521,885	195,7
Марганець	406,3	375,2	–	264,9	300,1
Органічні аміни	387,1	720,9	774,8	756,9	756,4
СОЗ	112,4	88,1	79,2	162,6	341,4
ПАВ	85,6	71,9	100,0	112,1	329,9
Хлор	272,0	256,6	300,0	260,9	250,2
Фтористий водень	49,8	40,6	100,0	31,2	34,3
Водню ціанід	59,7	40,7	–	37,3	31,7
Фреони	37,2	44,6	–	37,9	33,9
Озон	11,5	10,8	12,2	6,9	5,6

З 1 січня 2021 р. набув чинності Закон України, що регулює відносини у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів, та розпочався процес поступового наближення національного законодавства до вимог ЄС (згідно вимог Постанов КМУ від 23.09.2020 №880 «Перелік видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації»; від 23.09.2020 №960 «Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» тощо). Це важливий крок для запуску системи торгівлі на викиди парникових газів та виконання

Україною міжнародних зобов'язань: конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані та 8 Протоколів до неї, рамкова конвенція ООН про зміну клімату, Віденської конвенції, Оргуської конвенції, Директиви 2010/75/ЄС тощо.

Аналізуючи тенденції зміни викидів небезпечних речовин в атмосферне повітря, слід зазначити, що вагомий сектор у їх структурі займають викиди парниковых газів, де найголовнішим є вуглецю діоксид (CO₂). Викиди вуглецю діоксиду останні роки мають стабільну тенденцію: 2015 р. – 138,9 млн. т (від автотранспорту – 22,3 млн. т), 2018 р. – 126,4 млн. т (24,1 млн. т), 2019 р. – 121,3 млн. т (25,9 млн. т), 2020 р. – 109,1 млн. т (22,8 млн. т), 2021 р. – 111,8 млн. т, та не спостерігається їх суттєвого зменшення, а навпаки 2021 рік характеризується їх підвищенням, що притаманно також викидам метану (табл. 2, рис. 6).

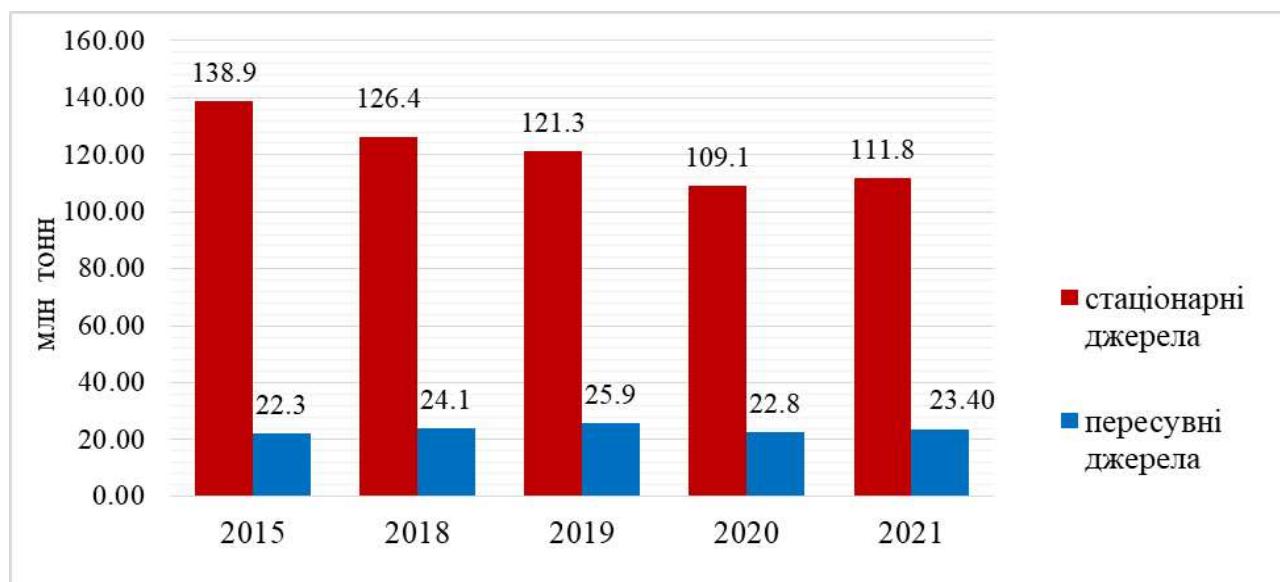


Рисунок 6. Порівняльний аналіз викидів вуглецю діоксиду від стационарних та пересувних джерел забруднення у 2015, 2018-2021 рр., млн т.

Результати оцінки викидів вуглецю діоксиду від господарської діяльності суб'єктів усіх видів економічної діяльності свідчать, що основна їх частина (більше 50%) надходить від підприємств секції постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, майже 40% – від підприємств переробної промисловості. Проведена статистична оцінка дозволяє зазначити, що викиди вуглецю діоксиду на одного жителя регіону найбільші в Івано-Франківському, Запорізькому та Дніпропетровському регіонах – 9410,6-7362,1 кг, а найменші в Чернівецькому, Закарпатському та Херсонському регіонах – 157,5-301,3 кг [18].

Така тенденція характерна й більшості країн Євросоюзу та демонструє, що в третьому кварталі 2021 р. спостерігалося збільшення викидів парниковых газів (в середньому на 6%) у порівнянні з аналогічним кварталом 2020 р., що відображає відновлення після пандемії Covid-19. Найбільші збільшення у порівнянні з 2020 р. було зареєстровано в Болгарії (+22,7%), Латвії (+16,2%) та Греції (+13,1%) [19].

Вищепередане підтверджує необхідність щодо підвищення адаптивної здатності та стійкості до ризиків для здоров'я, пов'язаних зі змінами клімату, а також посилення заходів щодо їх пом'якшення шляхом розроблення та впровадження стратегій або планів дій з мітигації та адаптації до зміни клімату під час розроблення конкретної політики в галузі охорони атмосферного повітря та громадського здоров'я.

Висновки

Аналізуючи вищевикладене, показано, що промислове забруднення (63% у загальному забрудненні) атмосферного повітря в Україні є нагальною проблемою не тільки

регіонів (зокрема, техногенно-навантажених), але й держави в цілому, що доводять численні наукові дослідження та представлений аналіз валового забруднення у різних країнах від викидів промислових підприємств та автотранспорту. Проведені дослідження дозволили виявити небезпечні фактори забруднення атмосферного повітря в різних регіонах України для подальших оцінок рівнів їх впливу, визначення медико-соціальних та економічних наслідків для здоров'я населення. Це спонукало до пошуку комплексних методичних підходів, які будуть направлені на покращення якості атмосферного повітря та здоров'я населення України на підставі оцінок аналізу «витрати-вигоди» для розроблення природоохоронних та профілактичних (зокрема адаптаційних до змін клімату) управлінських заходів.

1. Встановлено (на підставі офіційних статистичних даних за 2015, 2018-2021 рр.) загальне зменшення забруднення атмосферного повітря від викидів стаціонарних та пересувних джерел, що в основному пов'язано з операцією Об'єднаних сил на сході країни, на території частини Донецької та Луганської областей (майже на 8,6%), спадом промислового виробництва (пандемією Covid-19) та впровадженням природоохоронних заходів. Водночас спостерігається поступове збільшення забруднення в «умовно чистих» областях України, таких як Житомирська, Волинська, Хмельницька, Херсонська (в середньому на 6,16% щорічно).

2. Визначено, що провідні позиції серед забруднювачів атмосферного повітря за видами економічної діяльності належать електрогенеруючим та розподільчим підприємствам енергетики, які викидають 776,4 тис. т ЗР; друге місце займають металургійні виробництва – 689,1 тис. т; третє – добувна промисловість та розробка кар'єрів – 401,8 тис. т; четверте – сільське господарство та виробництво харчових продуктів – 63,3 тис. т.

3. Показано, що найбільш вагомий внесок у загальній структурі забруднення належить викидам (2021 р.; загальна тенденція зберігається з року в рік): речовинам у вигляді суспендованих твердих часток – 262,9 тис. т (від автотранспорту – 26,6 тис. т; зокрема PM10 – 69,8 тис. т, PM2.5 – 22,4 тис. т, сажі – 3,1/26,6 тис. т); вуглецю оксиду – 704,3 тис. т (1164,9 тис. т); діоксиду та іншим сполукам сірки – 575,7 тис. т (19,6 тис. т); метану – 454,9 тис. т (5,2 тис. т); сполукам азоту – 195,5 тис. т (174,4 тис. т); НМЛОС – 41,1 тис. т (155,1 тис. т) та аміаку – 17,6 тис. т (0,008 тис. т).

4. Встановлено, що провідні позиції забруднення атмосферного повітря викидами речовин у вигляді суспендованих твердих часток, вуглецем оксидом, азотом діоксидом та сіркою діоксидом від промислових підприємств та автотранспорту, займають (2021 р.): Донецька, Дніпропетровська, Івано-Франківська, Харківська, Київська (м. Київ), Вінницька та Запорізька області, що обумовлено зосередженням на цих територіях великої кількості потужних теплоенергетичних (використання викопного палива), переробних (металургійних, коксохімічних, машинобудівних, добувних тощо) промислових підприємств та потужних автотранспортних потоків. Найвищі викиди НМЛОС характерні для: Полтавської, Івано-Франківської, Харківської, Вінницької та Львівської областей, що є доказом зосередженості у даних областях сільськогосподарських та хімічних промислових підприємств.

5. Виявлено, що найбільший внесок у забруднення атмосферного повітря важкими металами та іншими специфічними хімічними речовинами вносять (2021 р.): залізо – 2364,6 т, марганець та його сполуки – 300,1 т, алюмінію оксид – 195,7 т (інші важкі метали менше 100 т на рік), органічні аміни – 756,4 т, хлор та його сполуки – 250,2 т, СОЗ – 341,4 т, ПАВ – 329,9 т, фтористий водень, ціаністий водень, фреони та озон – менше 50 т на рік. Показано збільшення викидів ендокринних руйнівників, а саме органічних амінів, СОЗ та ПАВ майже у 2-3,8 рази, що обумовлено широким їх використанням у сільському господарстві, хімічній, косметичній промисловості, побуті тощо. Це може бути причиною підвищення захворюваності на: ожиріння, діабет, захворювання серцево-судинної системи, порушення репродуктивного здоров'я у чоловіків та жінок, гормонально-чутливі види раку, захворювання щитоподібної залози, тощо.

6. Показано, що викиди вуглецю діоксиду останні роки мають стабільну тенденцію (співзвучна з більшістю країн Євросоюзу) та не спостерігається їх суттєвого зменшення, а навпаки 2021 р. характеризується підвищеннем їх викидів, що притаманно також викидам метану. Зазначено, що викиди вуглецю діоксиду на одного жителя регіону найбільші в Івано-Франківському, Запорізькому та Дніпропетровському регіонах, а найменші в Чернівецькій, Закарпатській та Херсонській областях. Зазначено необхідність розроблення та впровадження стратегій або планів дій з мітигації та адаптації до зміни клімату під час розроблення конкретної політики в галузі охорони атмосферного повітря та громадського здоров'я.

Внески авторів:

Туроц О.І. – ідея статті, участь у написанні висновків.

Петросян А.А. – аналіз наукової літератури; участь у написанні статті.

Царенок Т.В. – статистична обробка даних.

Брезіцька Н.В. – участь у написанні статті.

Моргульова В.В. – статистична обробка даних.

Давиденко Г.М. – аналіз наукової літератури.

Михіна Л.І. – збір і обробка матеріалу.

Кобзаренко І.В. – збір і обробка матеріалу.

Сидоренко О.О. – збір і обробка матеріалу.

Фінансування. Робота виконана в рамках НДР «Оцінка впливу на здоров'я населення забруднення атмосферного повітря, пов'язаного зі змінами клімату» 2021-2023 рр.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Turos OI, Petrosian AA, Maremukha TP, Morhulova VV, Tsarenok TV. [Human health risk assessment and social costs from air pollution by industrial enterprises and vehicles emissions]. Environment & Health. 2022;2(103):49-52. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2022.02.049>
2. Turos OI. [Development of scientific approaches to the hygienic assessment of danger from sources of atmospheric air pollution based on risk indicators: abstract of the dissertation of the Doctor of Medical Sciences]. 2008. 42 p. Ukrainian.
3. Serdyuk AM, Hushchuk IV, Chernychenko IO, Lytvychenko OM. Features of atmospheric air pollution in a non-industrial city: risk for the population. Med. perspekt. 2019 Dec. 26;24(4):154-9. Available from: <https://journals.uran.ua/index.php/2307-0404/article/view/189609>
doi: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.4.189609>
4. Chernychenko IO, Lytvychenko OM, Sovertkova LS, Tsymbaliuk SM. [Cancer risk assessment for the population of the industrial cities of Ukraine]. Environment & Health. 2017;2(82):17-22. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2017.02.017>
5. Health Risks of Air Pollution in Europe. HRAPIE: Technical Report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2014. 65 p.
6. Héroux ME, Anderson HR, Atkinson R, Brunekreef B, Cohen A. et al. Quantifying the Health Impacts of Ambient Air Pollutants: Recommendations of a WHO Europe Project. Int. J. Public Health. 2015;60:619-27.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00038-015-0690-y>
7. Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe: an Indicator-based Report, EEA Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, European Environment Agency. 2017. Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
8. [State Statistics Service of Ukraine]. Ukrainian. Available from: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzrap_u.htm

9. Antomonov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. Kyiv; 2006:31-93. Ukrainian.
10. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2016. 131 p.
11. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP: technical report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2013. 302 p.
12. Anuarul statistical Republicii Moldova. Chișinău: Biroul Național de Statisticăal Republicii Moldova. 2016. 688 p.
13. [Statistical data on emissions of Azerbaijan]. Azerbaijani. Available from: <https://www.stat.gov.az/source/environment/?lang=enm>.
14. [About emissions of pollutants into atmospheric air in Georgia]. Georgian. Available from: https://www.geostat.ge/media/29425/0804_180220_GE.pdf
15. [About emissions of pollutants into the atmospheric air in Armenia]. Available from: <https://www.armstat.am/en/?nid=12&id=14001>
16. [About emissions of pollutants into the atmospheric air in the Republic of Kazakhstan]. Kazakh. Available from: <https://stat.gov.kz/official/industry/157/statistic/6>
17. Serdiuk AM, Bazyka DA, Tronko MD et al. [National review "Endocrine disruptors in Ukraine: state of the problem and ways to solve it"]. Kyiv: Medinform. 2018. 156 p. Ukrainian.
18. Osaulenko OH, Kobylynska TV. [Climate change statistics: European experience and national assessment: monograph]. Kyiv: August-Trade LLC. 2020. 344 p. Ukrainian.
19. [The level of greenhouse gas emissions in the EU has again approached the pre-pandemic level]. Ukrainian. Available from: <http://milkua.info/uk/post/riven-vikidiv-parnikovih-gaziv-u-es-znovu-nablivizivsa-do-dopandemijnogo>

Надійшла до редакції / Received: 02.10.2023