

УДК 504.75.06

doi: 10.31498/2225-6733.36.2018.143040

© Дан О.Л.<sup>1</sup>, Бутенко Е.О.<sup>2</sup>, Капустин О.Є.<sup>3</sup>**ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ПРИАЗОВСЬКОГО РЕГІОНУ –  
ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ. ПОВІТРЯ**

У статті розглядається удосконалення існуючих і створення нових екологічно безпечних технологічних процесів, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, а також забезпечення екологічної безпеки природних об'єктів шляхом зниження викидів забруднюючих речовин і розробки технічних рішень та технологій щодо зниження концентрації органічних і неорганічних забруднюючих речовин до рівня ГДК. Для цього необхідно визначити найбільш небезпечні забруднюючі речовини; джерела їх утворення; їх концентрації в промислових відходах; науково обґрунтувати та розробити способи щодо поліпшення екологічного стану природних об'єктів; розробити процеси видалення забруднюючих речовин органічної і неорганічної природи; розробити науково-технічні рішення і технології для поліпшення екологічного стану природних об'єктів від забруднення небезпечними речовинами, які викидаються різними промисловими підприємствами, та надати їх економічну оцінку.

**Ключові слова:** забруднення навколишнього середовища, повітря.

*Дан Е.Л., Бутенко Э.О., Капустин А.Е. Экологическая ситуация Приазовского региона – проблемы и решения. Воздух. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами являются природные и промышленные процессы. При этом к ключевым загрязняющим веществам относятся оксиды углерода, оксиды серы, оксиды азота, аммиак, сероводород, углеводороды и другие соединения. Несмотря на значительный спад промышленного производства в последнее время, уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах, и в целом по Украине, не уменьшился. А Мариуполь остается городом с неудовлетворительными экологическими показателями. Например, загрязнение воздуха на территории Мариуполя оценивается по комплексному индексу загрязнения атмосферы как «высокое» и оказывает негативное влияние на здоровье человека. Это связано, в первую очередь, с использованием устаревших технологий как производственных, так и очистных, отсутствием эффективного контроля и мониторинга загрязнений, а также с низким уровнем экологического сознания. В статье рассматривается усовершенствование существующих и создание новых экологически безопасных технологических процессов, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов, а также обеспечение экологической безопасности природных объектов путем снижения выбросов загрязняющих веществ и разработка технических решений и технологий по снижению концентраций органических и неорганических загрязняющих веществ до уровня ПДК. Для этого необходимо определить наиболее опасные загрязняющие вещества, источники их образования и их концентрации в промышленных отходах; научно обосновать и разработать способы по улучшению экологического состояния природных объектов; разработать процессы удаления загрязняющих веществ органической и неорганической природы; разработать научно-технические решения и технологии для улучшения экологического состояния природных объектов от загрязнения опасными веществами, которые выбрасываются различными промышленными предприятиями, и предоставить их*

<sup>1</sup> аспірант, АГН Науково-технічний університет, м. Краков, Польща, [dan\\_e\\_l@pstu.edu](mailto:dan_e_l@pstu.edu)

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [butenko\\_e\\_o@pstu.edu](mailto:butenko_e_o@pstu.edu)

<sup>3</sup> д-р хім. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [kapustin\\_a\\_e@pstu.edu](mailto:kapustin_a_e@pstu.edu)

экономическую оценку.

**Ключевые слова:** загрязнение окружающей среды, воздух.

**O.L. Dan, E.O. Butenko, O.E. Kapustin. Priazovski region ecological situation – problems and solutions. Air.** *The main sources of air pollution with solid impurities are natural and industrial processes. In this case, the list of the key polluting chemical compounds includes carbon oxides, sulfur oxides, nitrogen oxides, ammonia, hydrogen sulfide, hydrocarbons and others. Despite the recent industrial production significant decline air pollution level has not decreased either in cities or in Ukraine as a whole. And Mariupol remains a city with unsatisfactory environmental situation. For example, the air pollution in Mariupol is estimated by the integrated index of air pollution as «high» and has a negative impact on human health. First of all, this is due to the outdated technologies used, both production and cleaning, lack of effective control and pollution monitoring as well as the low level of environmental consciousness. The article considers improvement of the existing and creation of new ecologically safe technological processes ensuring rational use of natural resources, as well as ensuring environmental safety of natural objects by reducing pollutant emissions and developing technical solutions and technologies for reducing the concentrations of organic and inorganic pollutants to the MPC level. To reach these purposes it is necessary to determine the most dangerous pollutants, the sources of their formation and their concentrations in industrial wastes; to substantiate scientifically and develop ways to improve the ecological state of natural objects; to develop processes that will remove the organic and inorganic nature pollutants; to develop scientific and technical solutions and technologies improving the ecological state of natural objects and protecting them from pollution with hazardous substances thrown out by various industrial enterprises and to provide their economic evaluation.*

**Keywords:** environmental pollution, air.

**Постановка проблеми.** Атмосферу постійно забруднюють різні газоподібні і дисперсні речовини природного походження. Джерелами таких забруднень є пилові бурі, вулканічні виверження та ін., які характеризуються періодичністю впливу на навколишнє середовище і низьким рівнем токсичності забруднюючих речовин (продукти вивітрювання гірських порід, морська сіль, частинки ґрунту і т. д.). Таким чином, з природних джерел в атмосферу потрапляють продукти, що складаються на 75% з неорганічних речовин і переважно земного походження [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основними джерелами забруднення атмосферного повітря твердими частками є природні і промислові процеси [2]. Потужність цих джерел оцінити досить важко.

За статистичними даними, кількість викидів морських солей в атмосферу коливається в межах від 700 до 1500 млн. т/р. Лісові пожежі провокують утворення аерозолів – 35-360 млн. т/р, а за деякими даними – навіть 3000 млн. т/р. Сумарний показник кількості атмосферних аерозолів, що утворилися від всіх джерел, становить в середньому 2,3 млрд. т/р, з яких забруднення антропогенного походження становлять 5-50%. При цьому від промислових джерел найбільша доля (50%) належить до сульфатів (природні – 650 млн. т, антропогенні – 100 млн. т) [2].

Оксид сірки (IV) викидається при спалюванні вугілля і нафти на електростанціях і металургійних підприємствах.

Підприємства важкої промисловості є джерелами забруднення атмосферного повітря оксидами азоту (більше 70%). Дані сполуки не тільки порушують обмін речовин у рослин і погіршують їх кормові якості, але і можуть зробити істотний вплив на стан здоров'я населення.

В газоподібних викидах металургійних підприємств, а також підприємств, що спеціалізуються на виробництві азотної кислоти і добрив, було виявлено високий вміст аміаку, який надає негативний ефект при поглинанні рослинами, подразнює дихальні шляхи тварин і людини.

Сірководень і сірковуглець постійно присутні у викидах коксохімічних підприємств, нафтопромислів, виділяються в шахтах, з тліючих териконів. В атмосфері піддаються повільному окисленню до сірчаного ангідриду.

Процеси, засновані на неповному згорянні вуглецевмісних речовин, таких як природний газ, вугілля чи нафта, провокують виділення в атмосферу оксидів вуглецю. Дані оксиди з висо-

ким ступенем інтенсивності поглинаються ґрунтовими мікроорганізмами, однак, є токсичними для людини, а також флори і фауни.

Попадання вуглеводнів в навколишнє середовище пояснюється переважно використанням бензинових двигунів, які працюють в умовах нестачі кисню на збагаченій паливно-повітряній суміші. У складі вихлопних газів автомобільних двигунів виявлено вміст нафтенів, ароматичних вуглеводнів, парафінів і канцерогенних поліциклічних сполук типу бензапірену. Також джерелами вуглеводнів є викиди підприємств хімічної, нафтохімічної і газової промисловості (понад 40%). Зазначені речовини чинять негативний вплив на здоров'я людини, особливо, на м'язову і центральну нервову системи.

На рис. 1 представлені основні джерела забруднення повітря України. Виявлено, що найбільшу небезпеку становлять металургійні підприємства і підприємства теплової енергетики [3].

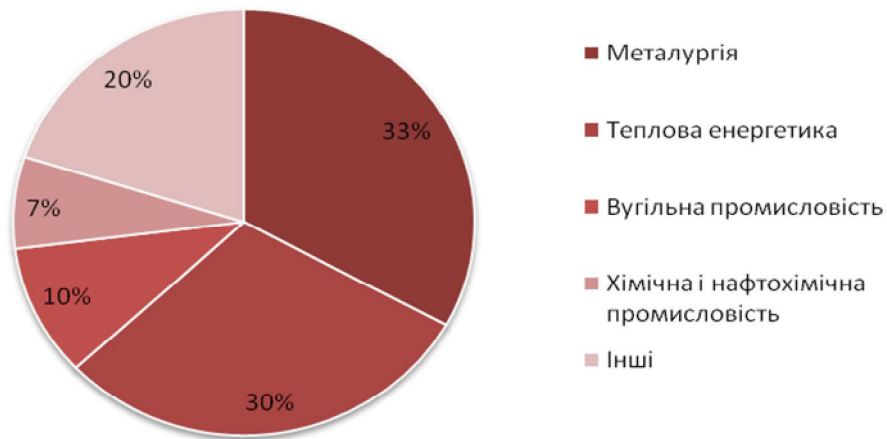


Рис. 1 – Сектори промисловості України, що забруднюють атмосферне повітря

Близько 80% викидів сірчистого ангідриду припадає на підприємства важкої промисловості – енергетики, чорної металургії та вугільної промисловості. В цілому, на автотранспорт припадає від загальної кількості забруднюючих речовин, що надходять до атмосфери, – понад 40% оксиду вуглецю, понад 45% вуглеводнів і 30% оксидів азоту [4].

Незважаючи на значний спад промислового виробництва протягом останнього часу, рівень забруднення атмосферного повітря в містах і, в цілому, по Україні не зменшився. Це пов'язано, в першу чергу, з використанням як виробничих, так і очисних технологій, які потребують модернізації; відсутністю ефективного контролю і моніторингу забруднень, а також низьким рівнем екологічної свідомості.

**Метою даної роботи** є представлення та узагальнення багаторічної інформації щодо забруднення атмосферного повітря промисловими викидами Приазовського регіону.

**Виклад основного матеріалу.** Особливо сильне забруднення навколишнього середовища спостерігається в місті Маріуполі, населення якого становить близько 0,5 млн. чоловік. У місті розташовані два найбільших металургійних комбіната південно-східного регіону України – ПАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь» і ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» [5]. Забруднення навколишнього середовища є істотним недоліком для економіки регіону, ускладнює пошук нових інвесторів і утримання в місті кваліфікованої робочої сили.

У 1976 році було розроблено «Техніко-економічне обґрунтування заходів щодо ліквідації підвищеного забруднення атмосферного повітря Жданова шкідливими речовинами та у справах захисту біологічного життя Азовського моря від шкідливих стоків», спрямоване на розвиток природоохоронної діяльності в Маріуполі [6]. Бюджет програми склав понад 2 млрд. доларів за сьогоднішнім курсом. Це була перша програма в СРСР подібної спрямованості, яка стала прикладом для створення аналогічних програм в інших промислових регіонах, насамперед на Уралі.

Далі була розроблена «Програма першочергових природоохоронних робіт для Жданівських металургійних комбінатів ім. Ілліча і «Азовсталь» і коксохімічного заводу (КХЗ) на 1988-1995 роки» [7]. У зв'язку з розпадом СРСР і розрухою, програма не була виконана навіть в малому ступені.

Програма 1998 року була розроблена з метою реконструкції промислового виробництва і створення природоохоронного устаткування [8]. Відповідно до «Програми...1998» планувалося знизити викиди в атмосферне повітря до 300 тис. т в рік, в тому числі пил – до 17 тис. т в рік; при цьому постулювалась незмінна потужність металургійних підприємств на весь період.

Всього «Програмою...1998» були заплановані ряд заходів, чисельна характеристика і спрямованість яких показана в таблиці 1. В цілому, на повне виконання даних заходів було заплановано витратити – 415 млн. доларів, з яких запозичені кошти – 64%.

Таблиця 1

Загальна кількість заходів, запланованих «Програмою...1998» [8]

Підприємство	Повітря	Вода	Відходи	Інше
Азовсталь	15	3	1	7
ММК ім. Ілліча	14	5	–	6
КХЗ	8	–	1	–
Порт	–	7	–	–

Перелік виконаних і найбільш значущих заходів на підприємствах «Азовсталь» і «ММК ім. Ілліча» представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристика виконаних заходів відповідно до «Програми...1998»

Характеристика виконаних заходів	Ефект, в рік
ММК ім. Ілліча	
Реконструкція газоочисних споруд агломераційних машин з установкою електрофільтрів	– 11,5 тис. т пилу
Регулювання спалювання доменного газу в спорудах нагрівання повітря доменних печей	– 50 тис. т CO
Виведення з експлуатації мартенівської печі № 4	– 0,5 тис. т пилу, – 2 тис. т CO, – 0,5 тис. т SO <sub>2</sub> , – 2,5 тис. т NO <sub>2</sub>
Азовсталь	
Реконструкція газоочисних споруд зон спікання і хвостових частин агломераційних машин з установкою електрофільтрів	– 0,45 тис. т пилу
Аспірація викидів ливарних дворів і реконструкція газоочисних споруд скіпових ям доменних печей	– 3,54 тис. т пилу
Виведення з експлуатації доменної печі № 2	– 0,7 тис. т пилу, – 4,2 тис. т CO, – 0,085 тис. т SO <sub>2</sub> , – 1,1 тис. т NO <sub>2</sub>
Введення в експлуатацію комплексу золонакопичувач з оборотним водопостачанням золовидалення теплоелектростанції	– 0,85 млн. кубічних метрів води

Також по Маріуполі було проведено розширення мережі моніторингу, спорудження додаткових колекторів зливових стоків, початок робіт по новому полігону ТПВ. Однак більше 50% всіх запланованих «Програмою...1998» заходів не було виконано, що пояснюється переважною ставкою на використання залучених коштів. Із запланованих 265 млн. доларів, які було розраховано отримати з Європи і США, вдалося отримати менше 50, та й то на протязі багатьох років. В результаті «Програма...1998» була визнана нездійсненою і припинена в кінці 2004 року. Слід зазначити, що виконані заходи, мали позитивний екологічний ефект.

«Програма охорони та оздоровлення навколишнього середовища Маріуполя на 2006-2010 роки» [9] була розроблена з урахуванням негативного досвіду «Програми...1998» по використанню залучених коштів. Таким чином, реалізація програми повинна була ґрунтуватися на власних коштах. До цього також підштовхував діючий на той час закон України, згідно з яким 75% штрафів за забруднення навколишнього середовища залишалося в розпорядженні міста, і ці кошти могли бути спрямовані тільки на природоохоронні цілі.

Відповідно до «Програми...2006-2010» було заплановано знизити викиди в атмосферне повітря з 425 до 390 тис. т в рік, в тому числі пил – з 37 до 25 тис. т в рік. У зв'язку з цим, «Програмою...2006-2010» були заплановані заходи, представлені в таблиці 3. На виконання даних заходів було заплановано фінансування в розмірі 242 млн. доларів, з яких запозичені кошти склали б близько 22%.

Таблиця 3

Загальна кількість заходів, запланованих «Програмою охорони і оздоровлення навколишнього середовища Маріуполя 2006-2010»

Об'єкт	Повітря	Вода	Відходи	Інше
Азовсталь	24	4	5	15
ММК ім. Ілліча	19	11	8	13
Маріуполь	3	21	7	13

Можна відзначити наступні найбільш вагомні виконані заходи. Для ММК ім. Ілліча було вироблено спорудження системи придушення азотом викидів ливарних дворів (– 300 т пилу в рік), виведення з експлуатації мартенівських печей (– 300 т пилу в рік), ремонт газоочисних споруд агломераційних машин зони охолодження (– 1000 т пилу в рік). На комбінаті «Азовсталь» був вдосконалений режим опалення котелень теплоелектростанцій (економія 101,3 млн. м<sup>3</sup> природного газу на рік), споруджені газоочисні споруди у міжконусному просторі доменних печей (екологічний ефект – 0,6 тис. т пилу в рік, – 2 тис. т СО в рік) [10].

В цілому, було виконано більше 80% всіх запланованих заходів. Успішному виконанню «Програми...2006-2010» перешкодила світова економічна криза 2008 року. Екологічна ситуація в місті значно покращилася, але переважно за рахунок зниження виробництва.

У зв'язку з низькою ефективністю навіть скоригованої «Програми...2006-2010», виникла необхідність в розробці нової програми. Крім того, ММК ім. Ілліча в 2010 році з початком виходу з економічної кризи був включений в структуру «Метінвест Холдингу», в який в 2006 році увійшов комбінат «Азовсталь». Таким чином, стратегією розвитку комбінатів «Метінвест Холдингу» передбачена до 2020 року суттєва зміна структури і обсягу виробництва.

На МК «Азовсталь» на цей момент виведений з експлуатації мартенівський цех і агломераційна фабрика, а також закриті коксові батареї 6 і 7.

На ММК ім. Ілліча виведений з експлуатації мартенівський цех, а також модернізовано киснево-конвертерний цех з доведенням виплавки сталі до продуктивності 3,6-3,8 млн. т на рік.

З огляду на зазначені аспекти була розроблена «Програма охорони та оздоровлення навколишнього середовища Маріуполя на 2012-2020 роки» [11]. Всього «Програмою...2012-2020» були заплановані заходи, чисельність яких показана в табл. 4. За узагальненими даними на виконання запланованих заходів необхідне фінансування складе близько 800 млн. доларів, з яких 75% будуть використані для підприємств чорної металургії.

Таблиця 4

Загальна кількість заходів, запланованих «Програмою охорони та оздоровлення навколишнього середовища Маріуполя 2012-2020»

Об'єкт	Повітря	Вода	Відходи	Інше
Азовсталь	18	4	3	12
ММК ім. Ілліча	11	4	3	9
Маріуполь	6	13	7	22
Порт	1	3	–	3

За умови виконання всіх заходів «Програми...2012-2020», зниження викидів в повітряний басейн складе близько 45%. Незважаючи на те, що завершення «Програми...2012-2020» намічено на 2020 рік, на даний момент зафіксовано істотні досягнення.

На ММК ім. Ілліча розпочато роботи над реконструкцією агломераційної фабрики, що дозволить знизити викиди пилу на 6300 т в рік, СО – на 63 тис. т в рік, оксидів азоту – на 500 т в рік, оксидів сірки – 3500 т в рік.

На МК «Азовсталь» повністю виведено з експлуатації мартенівське виробництво (–430 т пилу в рік, –300 т CO в рік, –60 т SO<sub>2</sub> в рік, –260 т NO<sub>2</sub> в рік) і коксові батареї (–380 т пилу в рік, –5400 т CO в рік, –74 т SO<sub>2</sub> в рік, –284 т NO<sub>2</sub> в рік), а також зупинено агломераційну фабрику (–2335 т пилу в рік, –29 тис. т CO в рік, –0,715 тис. т SO<sub>2</sub> в рік, –445 т NO<sub>2</sub> в рік).

Окремо слід згадати екологічний проект «Майстер-план «Чисте повітря для Маріуполя» [12, 13]. Цей проект розроблявся кафедрою Хімічної технології та інженерії, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» з 2011 по 2016 роки за підтримки консульства Німеччини в Донецькій області, компанії СКМ і міської влади. Основними завданнями проекту було: визначення органічних сполук, кислото утворюючих речовин і важких металів, що забруднюють повітря на території Маріуполя; рекомендації з організації інтегрованих спостережень за екологічним станом повітря в районі Маріуполя.

Для вирішення цих питань були визначені основні напрямки діяльності:

- Розширення існуючої системи екологічного моніторингу забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсним пилом (PM10 і PM2,5) і окремими органічними шкідливими речовинами в Маріуполі;
- Створення екологічної аналітичної лабораторії на базі ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

В результаті реалізації проекту було встановлено, що концентрації SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> і важких металів в повітрі не перевищують норми, встановлені законодавством України. Однак усереднені річні концентрації пилу, діоксиду азоту, формальдегіду та бензапірену не відповідають стандартам гранично допустимої концентрації (ГДК). Вміст аміаку в повітрі знаходиться на рівні гранично-допустимої норми. Особливо високі концентрації виявлені за змістом формальдегіду (~ 5 ПДКс.с) (таблиця 5). Динаміка зміни забруднення повітря важкими металами з 1999 по 2012 рік представлена в таблиці 6.

Таблиця 5

Основні забруднюючі речовини в повітрі Маріуполя (перевищення ГДК)

Рік	Пил	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	PhOH	NH <sub>3</sub>
2004	2,0	0,4	0,3	1,3	1,7	2,5
2005	1,3	0,4	0,7	1,3	1,3	1,5
2006	1,3	0,3	0,7	1,3	1,7	1,3
2007	1,3	0,3	0,3	1,5	1,3	1,5
2008	1,3	0,2	0,3	1,3	1,0	0,8
2009	1,3	0,2	0,3	1,0	1,0	0,8
2010	1,3	0,2	0,3	1,0	1,0	0,8
2011	1,3	0,1	0,3	1,0	1,0	0,8
2012	1,3	0,1	0,3	1,3	0,7	1,3
2013	1,3	0,1	0,30	1,5	1,2	1,0
2014	1,2	0,1	0,3	1,0	0,8	0,5
2015	1,1	0,1	0,3	1,0	0,7	0,7
2016	1,0	0,2	0,3	1,1	1,0	0,5
2017	1,2	0,2	0,3	1,1	1,1	0,5
2018	1,3	0,2	0,3	1,2	1,1	0,4

Таблиця 6

Середньорічні концентрації важких металів в повітрі (в мкг / м<sup>3</sup>)

Роки	Cd	Fe	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
ГДК	0,3	40	1,0	2,0	1,0	0,3	1,5	50,0
1997	0,026	5,33	0,16	0,217	0,012	0,043	0,013	0,84
1998	0,025	6,17	0,224	0,019	0,019	0,062	0,014	0,69
1999	0,010	4,54	0,11	0,7	0,02	0,05	0,02	0,5
2000	0,004	10,0	0,23	0,13	0,03	0,04	0,016	0,19
2001	0,02	2,66	0,11	0,06	0,02	0,05	0,01	0,31
2002	0,02	2,8	0,15	0,05	0,05	0,08	0,05	0,34

Продовження таблиці 6

2003	0,009	2,4	0,09	0,08	0,02	0,08	0,02	0,33
2004	0,007	2,19	0,1	0,08	0,02	0,06	0,01	0,29
2005	0,02	3,19	0,12	0,07	0,02	0,08	0,01	0,29
2006	0,02	2,87	0,13	0,27	0,02	0,09	0,01	0,35
2007	0,02	3,53	0,16	0,17	0,01	0,07	0,01	0,3
2008	0,02	3,77	0,15	0,09	0,01	0,06	0,01	0,31
2009	0,01	2,85	0,14	0,05	0,03	0,05	0,01	0,23
2010	0,01	2,88	0,14	0,04	0,02	0,05	0,02	0,37
2011	0,01	3,39	0,14	0,11	0,03	0,04	0,03	0,3
2012	0,02	2,78	0,11	0,33	0,01	0,05	0,02	0,2

З таблиці 6 видно, що забруднення повітря важкими металами не викликає занепокоєння. Концентрації Cd, Fe, Mn, Ni, Cr в десятки разів нижче ГДК, а концентрація цинку – нижче ГДК в сотні разів.

За індексом забруднення повітря Маріуполь, станом на 2018 рік, знаходиться на 6 місці серед міст України. Динаміка зміни індексу забруднення повітря з 2000 до 2016 року показана на рис. 2. Хід кривих на рис. 2 корелює з економічними спадами і підйомами.

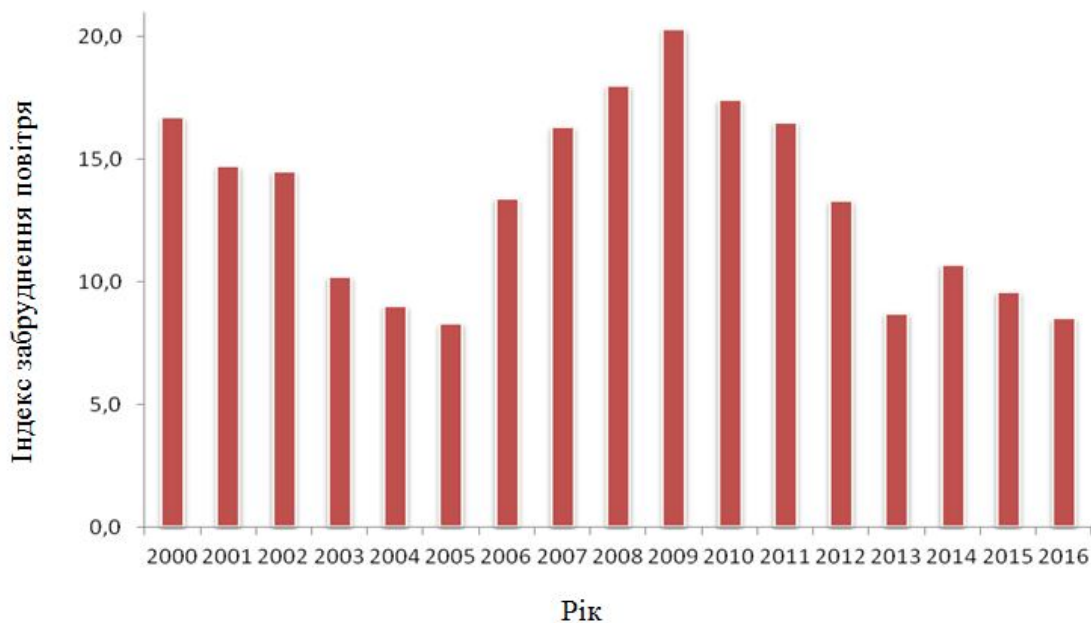


Рис. 2 – Зміна комплексного індексу забруднення атмосферного повітря Маріуполя

### Висновки

На підставі результатів проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. На підставі комплексного індексу забруднення атмосфери на території міста Маріуполя забруднення повітря оцінюється як «високе» і має негативний вплив на стан навколишнього середовища і здоров'я населення.

2. Значне перевищення гранично допустимих концентрацій, встановлених законодавством України, виявлено для пилу, діоксиду азоту, аміаку, формальдегіду і бензапірену.

3. Перевищення концентрацій формальдегіду і бензапірену робить необхідним проведення додаткових досліджень для визначення джерел забруднення.

4. Існує необхідність проведення більш точних досліджень і моніторингу забруднення пилом повітря в Маріуполі на підставі контрольних вимірів пилу з розміром частинок PM<sub>2,5</sub> і PM<sub>10</sub>.

5. Все це вимагає створення нових методів і технологій для вирішення екологічних проблем, що виникли.

**Перелік використаних джерел:**

1. Грицик В. Екологія довкілля. Охорона природи : навчальний посібник / В. Грицик, Ю. Канарський, Я. Бедрій. – К. : Кондор, 2009. – 290 с.
2. Родригес Залепинос Р.А. Исследование загрязнения атмосферного воздуха Европы аэрозолем с использованием данных дистанционного зондирования Земли / Р.А. Родригес Залепинос // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2012. – № 1(2)-2(3). – С. 93-98.
3. Звягинцева А.В. Оценка опасности загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Украины / А.В. Звягинцева // Геотехническая механика : Сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 109. – С. 233-243.
4. Васькін Р.А. Аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря України викидами автотранспорту / Р.А. Васькін, І.В. Васькіна // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 58. – № 5. – С. 109-112.
5. Бутенко Э.О. Загрязнение водного бассейна в мариупольском промышленном регионе / Э.О. Бутенко, А.Е. Капустин // Экология и промышленность. – 2011. – № 3. – С. 33-37.
6. Технично-економическое обоснование мероприятий по ликвидации повышенного загрязнения атмосферного воздуха Жданова вредными веществами и по защите биологической жизни Азовского моря от вредных стоков. – Жданов, 1976. – 17 с.
7. Программа первоочередных природоохранных работ для Ждановских металлургических комбинатов им. Ильича и «Азовсталь» и коксохимического завода на 1988-1995 годы. – Мариуполь, 1989. – 53 с.
8. Программа охраны и оздоровления окружающей среды Мариуполя. – Мариуполь, 1998. – 64 с.
9. Программа охраны и оздоровления окружающей среды Мариуполя на 2006-2010 годы. – Мариуполь, 2006. – 85 с.
10. Бутенко Э.О. Сорбционное удаление токсических соединений из промышленных сточных вод при помощи слоистых двойных гидроксидов / Э.О. Бутенко, А.Е. Капустин // Экология и промышленность. – 2010. – № 3. – С. 52-59.
11. Программа охраны и оздоровления окружающей среды Мариуполя на 2012-2020 гг. – Мариуполь, 2011. – 93 с.
12. Мастер-план «Чистый воздух для Мариуполя» / М. Шмидт, В. Белоус, Т. Венцова, А. Капустин. – Мариуполь, 2015. – 75 с. – Режим доступа: <http://www.donezk.diplo.de/Vertretung/donezk/ru/05/Master-Plan.html>.
13. Kapustin A. Clear Air For Mariupol / A. Kapustin, T. Ventsova, V. Belous. – LAP Lambert Publishing. – 2016. – 80 p.

**References:**

1. Gricik V., Kanars'kij Ju., Bedrij Ja. *Ekologija dovkilja [Tekst]. Ohorona prirodi : Navch. Posib.* [Environment Ecology. Nature Protection]. Kyiv, Kondor, 2009. 290 p. (Ukr.)
2. Rodriguez Zalepinos R.A. Issledovanie zagriazneniia atmosfernogo vozdukha Evropy aerozolem s ispol'zovaniem dannykh distantsionnogo zondirovaniia Zemli [Aerosol pollution over Europe study using Earth remote sensing data]. *Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii v naukakh o prirode i obshchestve – System analysis and information technology in environmental and social sciences*, 2012, no. 1(2)-2(3), pp. 93-98. (Rus.)
3. Zviagintseva A.V. Otsenka opasnosti zagriazneniia atmosfernogo vozdukha promyshlennykh gorodov Ukrainy [Hazard assessment of air pollution of industrial cities of Ukraine]. *Geotekhnicheskaiia mekhanika – Geotechnical mechanics*, 2013, iss. 109, pp. 233-243. (Rus.)
4. Vas'kin R.A., Vas'kina I.V. Analiz dinamiki zabrudnennia atmosfernogo povitria ukraïni vikidami avtotransportu [Analysis of the dynamics of atmospheric air pollution in Ukraine by motor vehicle emissions]. *Visnik Kremenchuts'kogo natsional'nogo universitetu imeni Mikhaïla Ostrograds'kogo – Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University*, 2009, v. 58, no. 5, pp. 109-112. (Ukr.)
5. Butenko E.O., Kapustin A.E. Zagriaznenie vodnogo basseina v mariupol'skom promyshlennom regione [Contamination of water basin in Mariupol industrial region]. *Ekologiya i promyshlennost' – Ecology and Industry*, 2011, no. 3, pp. 33-37. (Rus.)



6. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie meropriiati po likvidatsii povyshennogo zagriazneniia atmosfernogo vozdukh Zhdanova vrednymi veshchestvami i po zashchite biologicheskoi zhizni Azovskogo moria ot vrednykh stokov* [Feasibility study of measures to eliminate increased air pollution of Zhdanov by harmful substances and to protect the biological life of the Azov Sea from harmful effluents]. Zhdanov, 1976. 17 p. (Rus.)
7. *Programma pervoочerednykh prirodookhrannykh rabot dlia Zhdanovskikh metallurgicheskikh kombinatov im. Il'icha i «Azovstal'» i koksokhimicheskogo zavoda na 1988-1995 gody* [The program of priority environmental protection works for the Zhdanovsky metallurgical plants. Ilyich and Azovstal and the coke plant for 1988-1995]. Mariupol, 1989. 53 p. (Rus.)
8. *Programma okhrany i ozogrdorovleniia okruzhaiushchei sredy Mariupolia* [Program of Mariupol environment protection and improvement]. Mariupol, 1998. 64 p. (Rus.)
9. *Programma okhrany i ozdorovleniia okruzhaiushchei sredy Mariupolia na 2006-2010 gody* [Program of Mariupol environment protection and improvement for 2006-2010]. Mariupol, 2006. 85 p. (Rus.)
10. Butenko E.O., Kapustin A.E. Sorbtionnoe udalenie toksicheskikh soedinenii iz promyshlennykh stochnykh vod pri pomoshchi sloistykh dvoynykh gidroksidov [Sorption removal of toxic compounds from industrial wastewater by means of layered double hydroxides]. *Ekologiya i promyshlennost' – Ecology and Industry*, 2010, no. 3, pp. 52-59. (Rus.)
11. *Programma okhrany i ozdorovleniia okruzhaiushchei sredy Mariupolia na 2012-2020 gg* [Program of Mariupol environment protection and improvement for 2012-2020]. Mariupol, 2011. 93 p. (Rus.)
12. Schmidt M., Belous V., Ventsova T., Kapustin A. *Master-plan «Chisty vozdukh dlia Mariupolia»* [Master Plan «Clean Air for Mariupol»]. Mariupol, 2015, 75 p. Available at: <http://www.donezk.diplo.de/Vertretung/donezk/ru/05/Master-Plan.html> (accessed 15 January 2018) (Rus.)
13. Kapustin A., Ventsova T., Belous V. *Clear Air For Mariupol*. LAP Lambert Publ., 2016, 81 p.

Рецензент: В.С. Волошин  
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 07.03.2018