

О. С. КУЛІКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., О.Ф. КОВАЛИШИН, д-р екон. наук, проф.,
Р.М. СТУПЕНЬ, д-р екон. наук, доц., І. Ф. РІЙ, канд. екон. наук, доц.
Львівський національний університет природокористування

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЕКОМОНІТОРИНГУ КРИВБАСУ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета. Дослідження можливостей використання сучасних технологій отримання картографічних матеріалів моніторингу і прогнозування розвитку екологічних змін довкілля Кривбасу із урахуванням результатів спостереження за викидами небезпечних речовин для навколишнього середовища.

Методи дослідження. Поставлена мета та завдання дослідження зумовили використання загальнонаукових підходів, логічних законів побудови висновків, спеціальних методів пізнання. При виконанні завдань дослідження спиралося на світовий досвід застосування геоінформаційних технологій для картування та дослідження небезпечних впливів на довкілля у гірничодобувному регіоні. Інформаційною базою дослідження слугували результати екомоніторингу Кривбасу, монографії, збірники наукових праць, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси.

Наукова новизна. Показано можливості застосування сучасних програмних методів опрацювання і картографування даних екомоніторингу, які забезпечують оперативне автоматизоване отримання картографічних матеріалів із заданою точністю і необхідним обсягом інформації щодо виявлення небезпечних територій для населення у крупному промисловому місті.

Практична значимість. Визначається цільовим спрямуванням даного дослідження для потреб фахівців гірничопромислового комплексу Криворізького регіону та громади міста Кривого Рогу. Запропонований підхід для картографування змін розповсюдження шкідливих для здоров'я населення за ступенем загрози стане допоміжним матеріалом для початку дослідницької роботи з вивчення просторово-часової зміни довкілля гірничопромислових територій Кривбасу та, відповідно, передумовою їх районування на локальному та регіональному рівнях.

Результати. Встановлено, що система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн. Доведено, що специфічну вагомість при цьому відводиться забезпеченню екологічною інформацією мешканців міста. Рекомендовано створення спеціальних карт, які будучи комплексними за змістом, із спільним зображенням взаємопов'язаних об'єктів і явищ із зазначенням їх характеристик, котрі будуть джерелом інформації для екологічної діагностики. Наведено приклади побудованих карт розповсюдження пилу із використанням сучасного програмного комплексу Surfer міського середовища Кривого Рогу за даними станцій спостережень екологічного моніторингу. Аргументовано положення: з розвитком комп'ютерних технологій автоматизація процесу картування дозволить отримувати коректні та актуальні результати зацікавленим користувачам.

Ключові слова. Картографування, цифрова модель, екомоніторинг, аналіз, екологічна інформація, гірничопромисловий регіон, Кривбас, екологічна безпека, гірничопромисловий комплекс.

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-22-31

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Міські території характеризуються своєрідністю географічного положення, рельєфом, ґрунтами, рослинністю, надрами, водами, комплексом екзогенних і ендегенних процесів, і на той же час мають необхідні для життя умови, тобто відповідають потребам людини (біологічним, трудовим, економічним, соціальним та ін.). Друга особливість полягає у виникненні нових властивостей середовища, створених в процесі містобудування або розвитку фінансово-економічних можливостей. Всі ці особливості істотно впливають на вибір місця для будівництва, планувальні рішення забудови, на забезпечення необхідного комфорту, на створення сприятливих мікрокліматичних умов, естетично виразного міського середовища, визначають комплекс нових властивостей міської території [1-4, 14, 15]. Тому визначення як природних, так і антропогенних компонентів характеризують привабливість міста, впливають на створення образу міського середовища, на її територіальну диференціацію. Особливе значення у дослідженнях в такому аспекті посідає місто Кривий Ріг, яке є великим промисловим центром, центром розробки Криворізького залізничного басейну із 1881 року. Тому для великомасштабного аналізу та підняття рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля потрібне комплексне вивчення цих факторів. Відповідно, основним завданням є збір якомога більшої кількості даних, які пізніше дозволять забезпечити реалізацію державної політики у сфері регулювання негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище [5-9].

Аналіз досліджень і публікацій. Практика застосування різноманітних технологій для картування та дослідження екологічних параметрів вказує на велику поширеність методів просторового розгляду та статистичного інструментарію. За останні роки було розроблено різні методи комплексного аналізу навколишнього середовища з метою прогнозування впливу на безпечну життєдіяльність. Загальноприйняті методики базуються на створенні тривимірних моделей досліджуваних територій за допомогою фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, наземної або повітряної лазерної зйомки, GNNS- картування, спеціальних автоматизованих станцій спостережень, ГІС-технологій [16]. Наприклад, авторами [8, 22] запропоновано використовувати при визначенні зон екологічного ризику методику синтезу зони екологічного ризику на основі багатокритеріального вибору, також в роботі одержано статистичні дані інтенсивності надзвичайних ситуацій. Обговорено деякі екологічні проблеми Кривбасу, їх стан та ймовірні перспективи в працях [17, 21].

Постановка задачі. З метою оцінки стану навколишнього середовища Кривого Рогу, забезпечення конституційного права людини на безпечне для її життя та здоров'я довкілля, створена і функціонує система моніторингу довкілля [6, 19]. Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн. Загалом, система моніторингу – це відкрита система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових перемін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним станам. Отже, моніторинг довкілля є засобом природоохоронної поведінки, що здійснюється відповідно до екологічних передбачень [11, 13, 16, 20].

Якщо система моніторингу спрямована на: підняття рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля; підвищення оперативності та якості обслуговування користувачів на всіх щаблях; підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення, то є доцільними завданнями такої системи організація тривалих систематичних спостережень за станом довкілля із інформаційно-аналітичною допомогою прийняття рішень міської влади у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Специфічну вагомість при цьому відводиться забезпеченню екологічною інформацією мешканців міста.

Створення спеціальних карт, будучи комплексними за змістом, із спільним зображенням взаємопов'язаних об'єктів і явищ із зазначенням їх характеристик, буде джерелом інформації для екологічної діагностики.

Викладення матеріалу та результати. В Україні у 1992 році розпочалося розроблення системи екологічного моніторингу відповідно до Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» [12] та Постанови КМ «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» [17]. Моніторинг передбачає спостереження за довкіллям, збирання, опрацювання і оцінювання, отриманих даних та прогнозування його стану, формування певних баз інформації, розроблення на їх основі обґрунтованих природоохоронних заходів, передбачення надзвичайних ситуацій антропогенного, природного характеру, створення гарних умов життя людини.

Статтею 33 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» [13]. делеговано повноваження органам місцевого самоврядування щодо створення та забезпечення функціонування місцевих екологічних автоматизованих систем, які є складовою мережі загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації (табл. 1).

Відомо, що атмосферне повітря є одним із найважливіших природних ресурсів, від якості якого в великій мірі залежить, як стан навколишнього осередку, так і здоров'я людини. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря в містах України здійснюється за даними спостережень державної системи моніторингу. Під час визначення забруднення повітря міст та селищ дозволеним та нешкідливим для здоров'я людей рахується рівень, при якому концентрації забруднюючих речовин, а також сумарні показники забруднення не перевищують встановлені гігієнічні норми допустимого вмісту (ГДК). Максимальна концентрація забруднюючих речовин в атмосфері це найбільша концентрація, при дії якої у житті людини не виникає прямого або опосередкованого непридатного впливу на нинішнє і майбутнє покоління, не знижується працездатність людей, не погіршується їх самопочуття та санітарно-побутові умови буття [9].

Склад екологічної інформації, що знаходиться в компетенції організацій і підприємств [17]

Підрозділи Міністерства природних ресурсів	Екологічна інформація
Державне агентство земельних ресурсів України	Забезпечує реалізацію державної політики у сфері земельних відносин та топографо-геодезичної і картографічної діяльності
Державне агентство лісових ресурсів України	Забезпечує реалізацію державної політики у сфері лісового та мисливського господарства
Державне агентство рибного господарства України	Утворюється для реалізації державної політики у сфері рибного господарства та рибної промисловості, охорони, використання та відтворення водних живих ресурсів, регулювання рибальства
Державна екологічна інспекція України	Забезпечує реалізацію державної політики із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів
Державна служба геології та надр України	Забезпечує реалізацію державної політики у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр
Державне агентство екологічних інвестицій України	Забезпечує реалізацію державної політики у сфері регулювання негативного антропогенного впливу на зміну клімату та адаптації його до змін і виконання Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Киотського протоколу до неї

За інформацією Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського у I півріччі 2020 року оцінка стану забруднення атмосфери проводилася у 39 містах на 129 стаціонарних постах державної системи моніторингу гідрометеослужби [17, 21].

Наприклад, у I півріччі 2020 р. рівень забруднення повітря (за комплексним індексом забруднення атмосфери (ІЗА) оцінювався як дуже високий у Маріуполі. У 10 містах України рівень забруднення характеризувався, як високий – це Кам'янське, Одеса, Дніпро, Кривий Ріг, Київ, Миколаїв, Херсон, Черкаси, Запоріжжя, Кременчук. У 11 містах відмічався підвищений рівень забруднення, у 17 – низький (рис. 1).

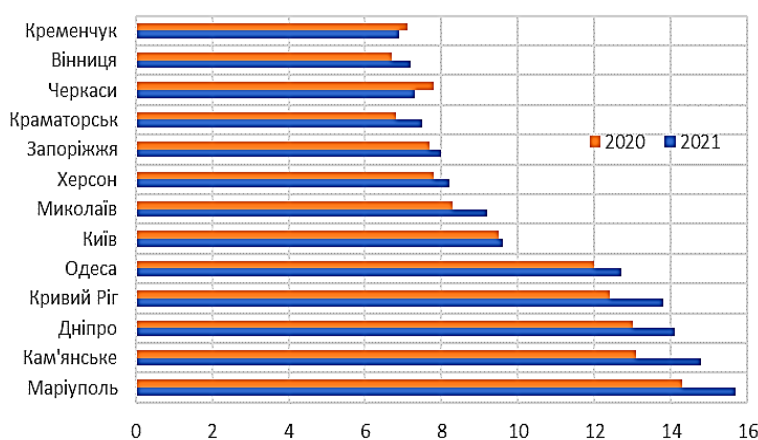


Рис. 1. Індекс забруднення атмосфери * (ІЗА)

Якщо порівнювати з попереднім роком, то у 16 містах відбулося зниження цього рівня. Для Кривого Рогу зміна складає 5% (2019 р. – 12,7; I півріччя 2020 р. – 12,0).

Кривий Ріг – єдине місто у Дніпропетровській області, де впроваджена і функціонує автоматизована система моніторингу за станом повітря [18]. Основною метою автоматизованої системи моніторингу є безперервні виміри концентрацій забруднюючих речовин і метеорологічних параметрів атмосферного повітря жилої зони міста Кривого Рогу. Для спостереження за станом атмосферного повітря у місті введено в експлуатацію 5 міських та 23 автоматизованих постів промислових підприємств (рис. 2).

Спостереження здійснюються за 6 забруднюючими речовинами: діоксид азоту (NO_2), оксид азоту (NO), сірчаний ангідрид (SO_2), оксид вуглецю (CO), аміак (NH_3), сірководень (H_2S), пил. Крім того, на ПАС №3 та ПАС №5 здійснюється спостереження за етаном (C_2H_6) та озоном (O_3) [21].

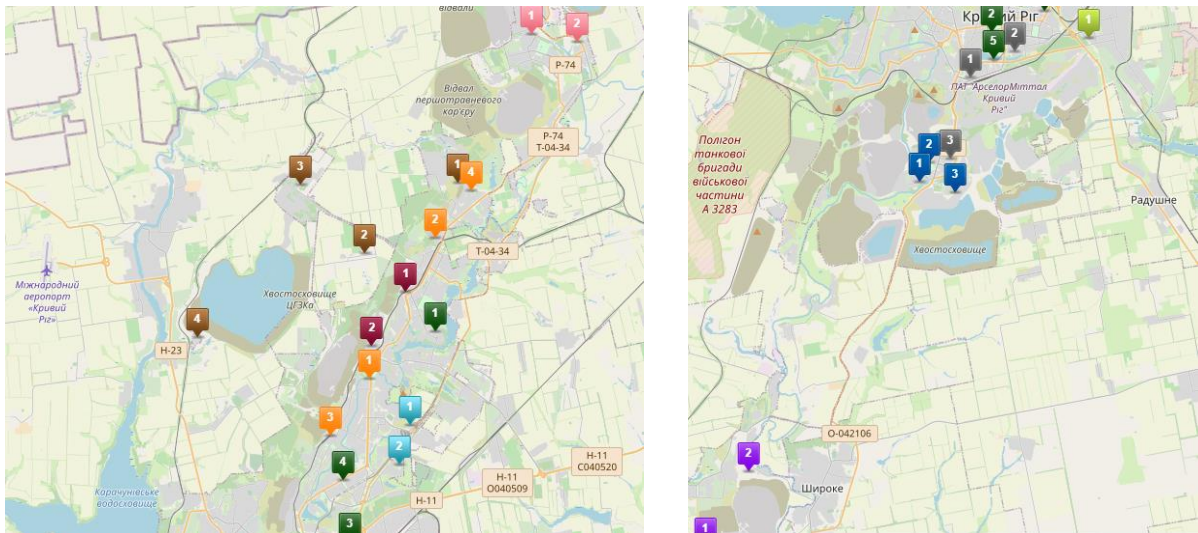


Рис. 2. Карта міста із автоматизованими постами моніторингу: північна частина (ліворуч) і південна (праворуч) [18]

У 2018 р. проведено повірку, обслуговування, модернізацію міських стаціонарних постів автоматичного спостереження та обробки показників якості атмосферного повітря для їх належного функціонування.

На теперішній час у місті функціонує також і державна система моніторингу за станом атмосферного повітря, яка представлена 6 постами, що експлуатуються Лабораторією спостережень за станом атмосферного повітря м. Кривий Ріг Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології (5 постів) та відокремленим структурним підрозділом «Криворізький міський відділ лабораторних досліджень Державної установи «Дніпропетровський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» (1 пост, Покровський район).

Також відокремленим структурним підрозділом «Криворізький міський відділ лабораторних досліджень Державної установи «Дніпропетровський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України» здійснюються моніторингові дослідження атмосфери на трасах міста: - перехрестя вул. Ф. Караманця та вул. Конституційна; кільце 95 кварталу (пр. Гагаріна); кільце автовокзалу (вул. Дніпровське шосе); кільце площі Володимира Велико-го; площа Визволення [18].

З метою поліпшення та розширення існуючої системи моніторингу в м. Кривому Розі щомісячно у 15 точках, які вкривають усі райони міста, проводяться лабораторні дослідження якості атмосферного повітря. Крім того, здійснюється спостереження якості атмосферного повітря при настанні несприятливих метеорологічних умов, зверненні громадян, проводяться підфакельні виміри вмісту забруднюючих речовин тощо. Замовником даного обслуговування виступає управління екології виконкому Криворізької міської ради, виконавцем – ВСП «Криворізький міський відділ лабораторних досліджень Державної установи «Дніпропетровський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України».

В он-лайн режимі представлено дані постів автоматизованого спостереження: максимально разових концентрацій із періодичністю в 1 годину та середньодобових концентрацій щодобово, метеорологічних параметрів (напрямок вітру, швидкість вітру, температура, тиск) щогодини [18]. Автоматизований пост із онлайн реєстрацією забезпечує доступ цієї інформації для населення.

На електронній карті міста показано місця розташування автоматизованих постів спостереження. Відкритий для загального користування модуль має накопичувальні дані екологічного змісту для кожного мешканця міста Кривого Рогу, сприяє посиленню відповідальності суб'єктів.

Відповідно до свого призначення міська автоматизована система екологічного моніторингу міста Кривий Ріг вирішує наступні завдання: збір первинної інформації з постів хімічного і метеорологічного контролю, створення і ведення баз даних про стан і забруднення атмосферного повітря на території міста; отримання даних, що дозволяють аналізувати ефективність природоохоронних заходів.

Міська автоматизована система моніторингу призначена для безперервного контролю концентрацій забруднюючих речовин і забезпечує: вимірювання параметрів хімічної обстановки з чутливістю, що дозволяє реєструвати її переми; вимірювання параметрів метеорологічної ситуації; оперативне виявлення і сигналізацію про настання порогових та надпорогових концентрацій шкідливих речовин; вимірювання і реєстрацію метеорологічних параметрів в місцях спостереження; збір, опрацювання і відображення даних про стан атмосферного повітря м. Кривого Рогу, як складової навколишнього природного середовища; забезпечення передачі даних на автоматизоване робоче місце та в online-режимі на портал «Криворізький ресурсний центр» до модулю «Екомоніторинг» [18].

На нижньому рівні розташовані пости автоматизованого спостереження за станом атмосферного повітря, в яких знаходяться обладнання для збору, первинного опрацювання та передачі даних в верхній рівень системи. Обладнання представляє собою набір спеціалізованих засобів вимірювання атмосферного повітря: газоаналізаторів, пиломірів, метеостанцій. Автоматизована система моніторингу за станом атмосферного повітря складається з двох рівнів: нижній рівень та верхній рівень (рис. 3, 4).

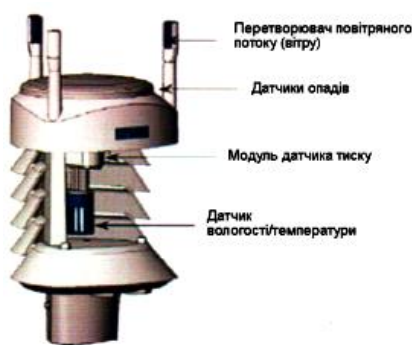


Рис. 3. Метеостанція



Рис. 4. Пиломір

Тенденція до зменшення рівня викидів забруднюючих речовин, індексу забруднення атмосферного повітря, середньорічних концентрацій свідчить про позитивні результати охорони довкілля (рис 5). Обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста у 2020 році зменшено на 31,5% у порівнянні з 2015 роком, що є базовим показником згідно Закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», в порівнянні з 2019 роком - на 17%.

Зменшенню показників концентрацій пилу та інших забруднюючих речовин в атмосферному повітрі сприяє постійний контроль з боку міського голови, депутатів міської ради, представників громадських екологічних організацій за виконанням у встановлені терміни промисловими підприємствами міста заходів Міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016-2025 роки.

Зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря відбулося на ПрАТ «Південний ГЗК», ПрАТ «Північний ГЗК», ПрАТ «Інгuleцький ГЗК» та ін. Разом з цим, треба зазначити, що у 2020 році порівняно з 2019 роком, збільшили викиди: підприємство «АрселорМіттал Кривий Ріг» на 5%, «МЕТІНВЕСТ, Криворізький ремонтно-механічний завод» - на 8%, «Кривий Ріг Цемент» - на 3% (рис. 6).

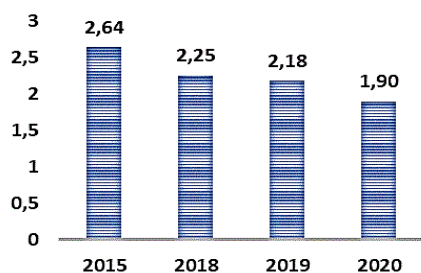


Рис. 5. Показник питомих викидів забруднюючих величин атмосферу, кг/тонна продукції



Рис. 6. Вплив діяльності підприємств ГЗК

На рис. 7 подано діаграму основних забруднюючих речовин повітря у місті, серед яких є оксид вуглецю -77%, пил -13%, діоксид азоту - 5%, діоксид сірки - 4%; інші речовини - 1% (метан, аміак, сірководень, фенол, оксид азоту). Індекс забруднення атмосфери (ІЗА) в абсолютному значенні та у відсотках по відношенню до 2010 р. представлено на рис. 8. Як свідчать результати дослідження відбулося зменшення даного індексу на 13%.

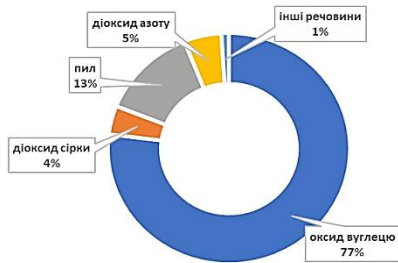


Рис. 7. Основні забруднюючі речовини

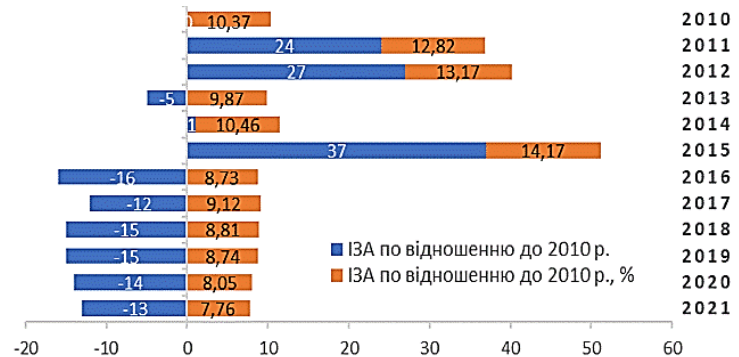


Рис. 8. Індекс забруднення атмосфери * (ІЗА) по відношенню до 2010 р.

Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосфері Кривого Рогу за даними державних постів у період 2014-2022 рр. наведено на рис. 9.

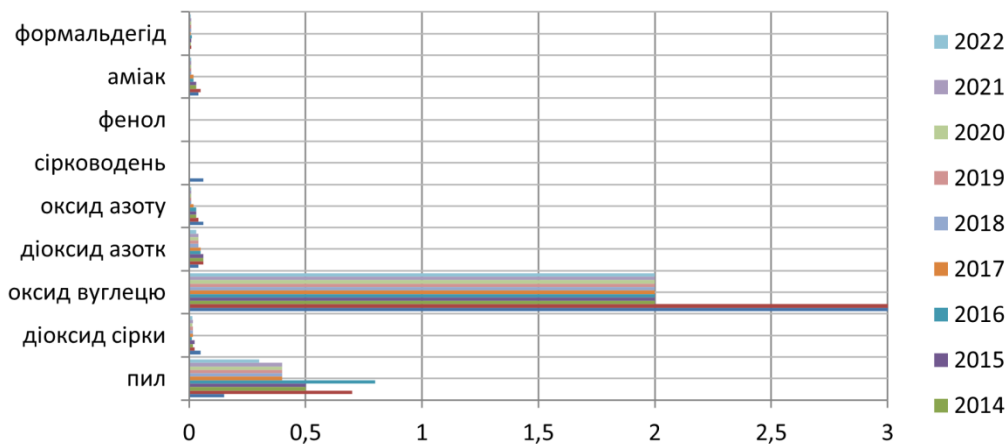


Рис. 9. Середньорічні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста за даними державних постів, $\text{кг}/\text{м}^3$

Незважаючи на позитивне зменшення рівня забруднення атмосферного повітря, фактичні концентрації речовин у місті по пилу, діоксиду азоту, формальдегіду перевищують допустимі значення. Для удосконалення стану атмосферного повітря Міською екологічною програмою визначено комплекс повітроохоронних заходів, реалізація яких дозволить покращити його якість.

Для аналізу та моделювання картографічних явищ, пов'язаних із станом атмосферного середовища міста в дослідженні використано програмного комплексу Surfer. Відображення характеристики стану атмосферного повітря у вигляді спеціальних карт дозволяє наочно одержувати просторову інформацію. Розробка детальних карт відповідних карт для території міста є простою та швидкою. А завдяки потужним інтерполяційним функціям програма створює дуже точні поверхні із найвищою якістю графіки.

Приклади побудованих карт розповсюдження пилу ($\text{мг}/\text{м}^3$) на території міста у липні та жовтні 2022 р. представлено нижче на рис. 10, 11 відповідно.

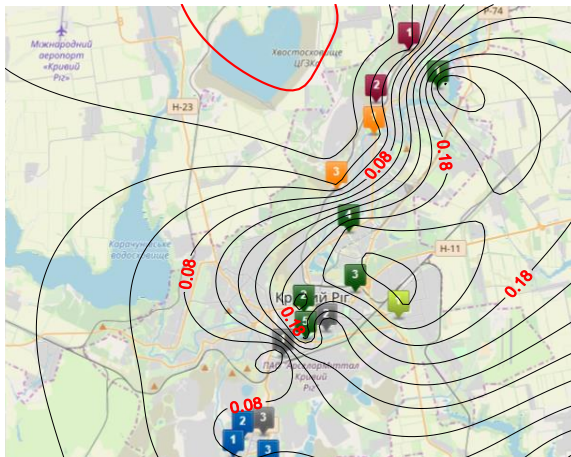


Рис. 10. Карта пилу за середніми значеннями (липень, 2022)

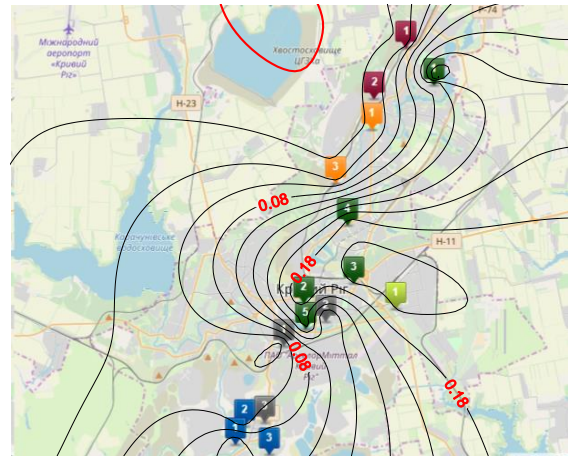


Рис. 11. Карта пилу за середніми значеннями (жовтень, 2022)

Як свідчать результати, найбільша концентрація пилу у повітрі характерна для частини міста, де розміщено підприємства гірничо-збагачувального комплексу, вздовж простягання покладів залізної руди, навколо містоутворюючого підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Якщо проаналізувати викиди пилу за днями у різні пори року, то графіки (рис. 12, 13) свідчать про те, що значення концентрації викидів не мають залежності від порядкового номеру дня у місяці. Їх величини приблизно однакові. Такий висновок можна зробити на основі аналізу таблиці 2, у якій наводяться відхилення максимальних і мінімальних значень викидів пилу для результатів спостережень за цим показником у листопаді 2021 р. та у червні 2022 р. Найбільше значення відхилення складає 3,7 у відсотках, що є невагомим показником.

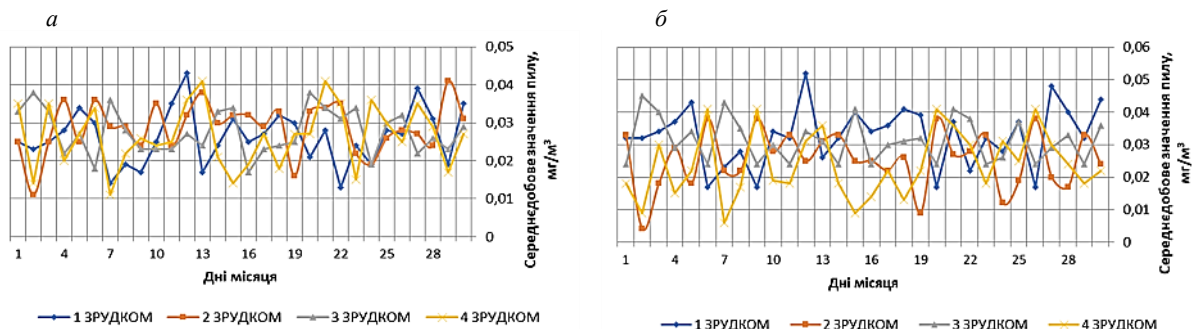


Рис. 12. Викиди пилу за днями у листопаді 2021 р. (а) та червні 2022 р. (б). Дані станції «Залізорудком»

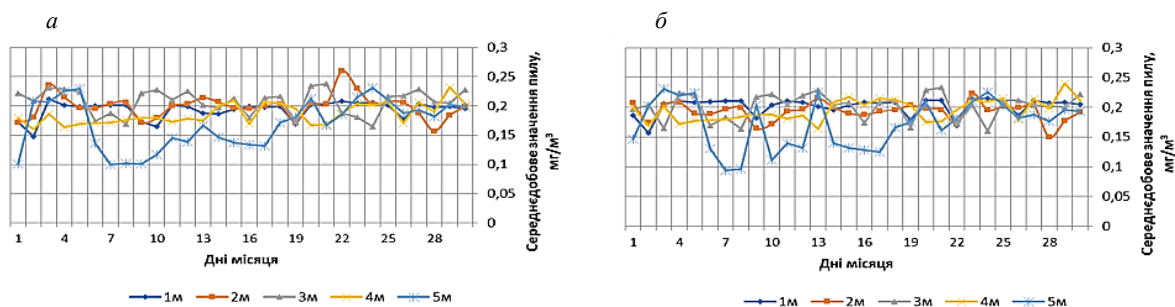


Рис. 13. Викиди пилу за днями у листопаді 2021 р. (а) та червні 2022 р. (б). Дані міських станцій

Основними заходами у сфері охорони атмосферного повітря є зупинка двухванного сталеплавильного агрегату №6, виведення з експлуатації аглофабрики металургійного виробництва, доменних печей №5 та №7, коксових батарей №1 та №2, переобладнання газоочисних установок від обладнання агломераційного цеху №2, будівництво нового корпусу агломерації з новими газоочисними установками, будівництво газоочисних установок за конверторами №1-3 ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», зведення нових газоочисних установок на аглофабриці ПрАТ

«ПівдГЗК». Наприклад, у 2019 р. встановлено новий фільтр на цементному млині №2 (джерело викиду №18) та у 2020 р. отримано декларацію про готовність до експлуатації на ПрАТ «Кри-вий Ріг Цемент»; виконано заміну циклонів на випалювальних машинах цеху з виробництва окатишів №1 (ПрАТ «ПівнГЗК»). Придбано обладнання для заміни групи циклонів дробарної фабрики №2. Замінено електрофільтр у корпусі грохочення (екологічний ефект – зниження викидів забруднюючих речовин – 125 тонн на рік). Із січня 2020 р. зупинена опалювальна машина Lurgi-552-A; на газоочисному обладнанні електродугових печей сталєфасоноливарного цеху ТОВ «МЕТІНВЕСТ-КРМЗ» завершено заміну рукавних фільтрів ФРКД-1100 [21].

Таблиця 2

Порівняльна характеристика викидів пилу

Максимальне значення викидів пилу, мг/м ³		Мінімальне значення викидів пилу, мг/м ³		Відхилення значень, мг/м ³		Відхилення значень, %	
листопад 2021	червень 2022	листопад 2021	червень 2022	для максимальних	для мінімальних	для максимальних	для мінімальних
0,212	0,148	0,215	0,157	-0,003	-0,009	-0,3	-0,9
0,260	0,157	0,223	0,150	0,037	0,007	3,7	0,7
0,238	0,165	0,233	0,160	0,005	0,005	0,5	0,5
0,232	0,160	0,240	0,163	-0,008	-0,003	-0,8	-0,3
0,231	0,100	0,231	0,094	0,000	0,006	0,0	0,6

Також важливим є комплекс заходів з пилопригнічення відвалів, хвостосховищ, складів при-готовленої продукції, автошляхів, вулиць житлових масивів. Загалом виконане дослідження до-звولیло розробити методику оцінки стану довкілля за технологічною схемою, яку подано на рис. 14.

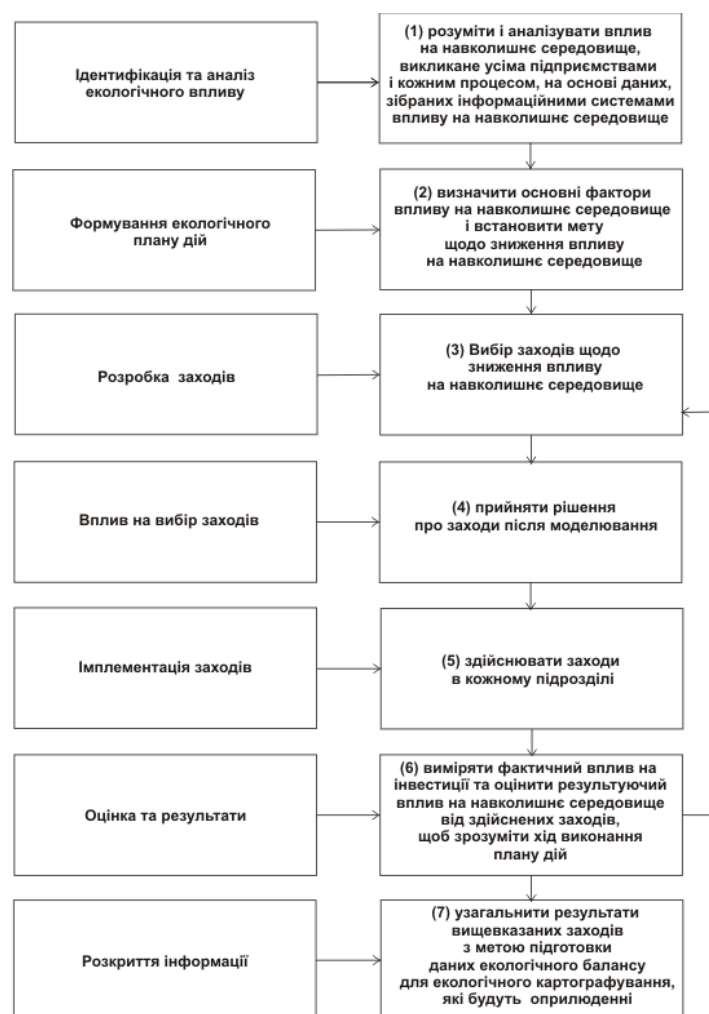


Рис. 14. Технологічна схема досягнення екологічного балансу

Для підняття ефективності заходів з пилопригнічення в рамках Міської екологічної програми відбуваються дослідження по використанню певних розчинів зв'язуючих речовин; впровадження «зелених технологій», шляхом висадки рослинності на поверхнях хвостосховищ, що сприяє зменшенню концентрацій пилу в атмосферному повітрі. Надійний інструмент виконання ефективного екологічного моніторингу в місті – це новий європейський підхід до вирішення екологічних питань, який направлено на використання найкращих технологій, у т. ч. у галузі скорочення викидів, що сприяє поліпшенню стану атмосферного повітря та досягненню його нормативних показників.

Картографування результатів спостережень за зміною показників екологічного стану навколишнього середовища з прив'язкою до локації розповсюдження певного явища дозволить не тільки приймати правильні рішення щодо зменшення впливу небезпечних факторів, але й надавати інформацію громаді міста, якої це стосується. При цьому можна використовувати сучасні методи моделювання для відображення процесів (Surfer, Statistica, Autodesk тощо) із зрозумілою наочністю не тільки для відповідних фахівців, а й для населення.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Моніторинг довкілля є засобом природоохоронної поведінки, що здійснюється відповідно до екологічних передбачень. З метою оцінки стану навколишнього середовища, забезпечення конституційного права людини на безпечне для його життя та здоров'я довкілля в Україні створена і функціонує державна система моніторингу довкілля, яка є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн. Для досягнення мети необхідно проводити тривалі систематичні спостереження за станом довкілля; здійснювати аналіз параметрів та прогнозування їх змін шляхом використання сучасних потужних програмних комплексів; на основі інформаційно-аналітичного опрацювання одержаних результатів приймати відповідні управлінські рішення щодо раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Наразі слід продовжувати дослідження щодо вибору та обґрунтування найкращого сучасного програмного комплексу з моделювання, картографування екологічних процесів, що відбуваються в техногенному середовищі. Завдяки спільним зусиллям фахівців різних сфер, поставлені цілі у сфері покращання стану атмосферного повітря та забезпечення мешканців міста безпечним для жити і здоров'я довкіллям будуть досягнуті.

Список літератури

1. Song, C.[Conghe], Woodcock, C.E., Monitoring forest succession with multitemporal landsat images: Factors of Uncertainty, GeoRS(41), – No. 11. – 2003, pp. 2557-2567. – Режим доступу: <http://www.scanex.ru/ru/monitoring>. – Назва з екрану.
2. Адаменко О.М. Екологічний аудит територій // О.М. Адаменко, Л.В. Міщенко / Підручник [Текст]. – Івано-Франківськ: Факел. – 2000. – 359 с.
3. Батлук В.А. Основи екології: підручник [Текст]. – Київ: Знання, 2007. – 519 с.
4. Бистряков І.К. Сталий розвиток України: постмодернізм, простір, методологія управління / І.К. Бистряков // Вісник НАН України, 2012. – №7. – С. 47-53.
5. Буркинський Б.В. Економічний вектор стратегії сталого розвитку України / Л.Є. Купінець, С.К. Харічков // Екологія і природокористування. – 2012. – Вип.12. – С. 163-173.
6. Гігієнічні характеристики охорони праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [Текст]. – МОЗ України. – К.: Колос, 2008. – 34 с.
7. Голіцин Г. С. Природні небезпеки України [Текст] / Г. С. Голіцин, А. А. Васильєв. – К.: Крук, 2001. – 296 с.
8. Голян В.А. Економічне регулювання землекористування як важлива детермінанта нарощування потенціалу аграрного природокористування / В.А. Голян, Д.С. Нірода, А.Б. Поліщук // АгроСвіт: інформаційно-аналітичний журнал. – 2011. – № 23 – С.2-6. 5.
9. Гончарук Є.Г. Комунальна гігієна [Текст]. – Київ : Здоров'я, 2006. – 792 с.
10. Данилишин Б.М. Економіка природокористування / Б.М. Данилишин, М.А. Хвесик, В.А. Голян. – К.: Кондор, 2009. – 465 с.
11. Державно-приватне партнерство у розбудові екологічної інфраструктури: становлення, особливості, інвестиції. [Електронний ресурс] / С.І. Рассадникова // Економіка: реалії часу. – [Текст]. – 2012. – № 1 (2). – С. 133-142. – Режим доступу: <http://economics.opu.ua/files/archive/2012/n1.html>. – 11.09.2023. – Назва з екрану.
12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>. – 11.09.2023. – Назва з екрану.
13. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97#Text>– 11.09.2023. – Назва з екрану.
14. Екологічне право України. Академічний курс: Підручник / За заг. ред. Ю.С. Шемшученка. – К.:Юридична думка, 2008. – 720 с.

15. **Запольський А.К.** Основи екології: Підручник [Текст] / За ред. **К.М. Ситника / А.К. Запольський, А.І. Салюк.** – К.: Вища школа, 2004. – 254 с.
16. **Снітинський В.В.** Інженерна екологія: навч. посібник [Текст] / **В.В. Снітинський, О.Т. Мазурак, М.А. Саницький, А.В. Мазурак.** – Львів: Арал, 2010. – 374 с.
17. Інтернет-сайт Міністерства охорони навколишнього природного середовища [Текст]. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/>. – 14.09.2023. – Назва з екрану.
18. Криворізький ресурсний центр. Екомоніторинг. – Режим доступу: <https://www.krmisto.gov.ua/>. – 11.09.2023. – Назва з екрану.
19. **Мельник Л.Г.** Досвід Європейського Союзу у формуванні інноваційної стратегії сталого розвитку/Л.Г. Мельник, І.Б. Дегтярьова // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2012. – №1. – С. 190-200.
20. На порядку денному посилення дієвості національної екологічної політики [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://ecos.kiev.ua/news/view/218>. – 11.09.2023. – Назва з екрану.
21. Про стан атмосферного повітря м. Кривого Рогу [Текст] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kr.gov.ua/ua/news/pg/260221847437619_n/ офіційний сайт виконкому Криворізької міської ради. – 14.09.2023. – Назва з екрану.
22. **Рассадникова С.І** Принципові засади удосконалення системи управління природокористуванням / **С.І. Рассадникова**// Економічні інновації: збірник наукових праць. – Одеса, 2015. – Вип. 60, Книга II: С. 127-137.
- Рукопис подано до редакції 29.05.23

УДК 621.311

В.Ю. МІЩЕНКО, асистент
Національний університет «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РУДНОТЕРМІЧНОЇ ПЕЧІ ШЛЯХОМ ВИБОРУ ДОЦІЛЬНОГО ДІАМЕТРУ РОЗПАДУ ЕЛЕКТРОДІВ

Метою досліджень є з'ясувати доцільність зміни діаметру розпаду електродів заданого типу руднотермічної печі та складу використовуваної шихти задля підвищення енергоефективності її роботи.

Методи дослідження. Проаналізовані існуючі підходи щодо вирішення цього питання з відомих наукових джерел. Для подальшого вирішення поставлених задач використано математичне моделювання та розрахункові експерименти.

Наукова новизна. Виявлено, що попередні дослідження робились на реальних печах малої потужності і не враховували всі можливі обмежувальні фактори. До недоліків таких натуральних експериментів можна віднести наступне: - не врахована критично допустима межа близькості електродів до футерування ванни; - не розглянуто й компонентно-кількісний склад шихти, який теж впливає на енергетичні показники РТП. Запропоновано на комплексній моделі роботи круглої трьохелектродної руднотермічної печі, провести вище зазначені експерименти та з'ясувати динаміку зростання температури в різних окремих її зонах. На основі цих розрахункових досліджень щодо зміни діаметру розпаду електродів задля знаходження допустимої граничної межі їх розведення виявити можливість більш рівномірного прогріву шихти для різного її компонентно-кількісного складу.

Практична значимість. Отримані результати показали, що збільшення діаметру розпаду електродів суттєво підвищує енергоефективність печі, однак існують обмеження пов'язані з належною експлуатацією футерування печі при надто близькому розташуванні до них. Слід також зазначити, що представлена в роботі методика та використаний інструментарій дозволяють проводити подальші подібні дослідження для будь-яких печей такого типу та різного компонентно-кількісного складу шихти і, зменшуючи дискретність діаметру розпаду електродів, точніше визначити бажану його величину.

Результати. У кожному конкретному випадку необхідно визначити допустиму межу розведення електродів. Для існуючих в Україні печей необхідно мати конструктивний механізм щодо можливості такого розведення. Встановлено, що компонентно-кількісний склад шихти, хоч і не в значній мірі, також впливає на обсяги споживання піччо електричної енергії. Крім того за рахунок доцільного розведення електродів в печі, спостерігається ще і скорочення часу плавки, а це підвищує продуктивність обладнання та ефективність використання футеровки і електродів.

Ключові слова: руднотермічна піч, діаметр розпаду електродів, енергоефективність, електрична енергія, комплексна математична модель, компонентно-кількісний склад шихти

doi: 10.31721/2306-5451-2023-1-57-31-37

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах підвищення цін на енергоресурси все актуальнішим постає питання вдосконалення, реконструкції та підвищення енергоефективності роботи руднотермічної печі зі збереженням вимоги до технологічного процесу та зниженням витрат електричної енергії на тону готової продукції. Вирішенню