

Система моніторингу за впливом виробничої діяльності промислових об'єктів Криворіжжя на атмосферне повітря

Н.В. Гнілуша, кандидат педагогічних наук

О.М. Іщенко, еколог

Криворізький педінститут ДВНЗ “Криворізького національного університету” –
ПАТ “АрселорМітал Кривий Ріг”

Запропоновано комп'ютерну модель дифузійних потоків шкідливих речовин промислових об'єктів Криворіжжя, що є складовою системи екологічного моніторингу для забезпечення ефективної реалізації функцій обліку, контролю й аналізу екологічних показників виробничої діяльності, їхнього прогнозування, регулювання і координації з метою підтримки і поетапного зниження встановлюваних показників припустимого рівня шкідливого впливу виробництва на навколишнє природне середовище.

Моніторинг навколишнього природного середовища – це система спостережень, збору, обробки, збереження, передачі й аналізу інформації про стан, його прогнозування змін і розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Основні положення такого визначення стосуються і моделювання системи екологічного моніторингу. Деякі аспекти цієї проблеми досліджувалися низкою авторів. Серед них – А.А. Балакін, В.Н. Артамонов, Д.А. Макєєва, які працювали над розробкою еколого-математичної моделі вугільного підприємства, вирішуючи проблеми екологічної безпеки [1]; О.П. Ковбаса, В.Л. Черевко, В.О. Шайда вивчали систему екологічного моніторингу повітряного простору на основі надвисокочастотного зондування [2]; О.С. Левицька розробляла модель руху забруднених повітряних мас з урахуванням орографії підстилаючої поверхні [3]; О.В. Софілканич, С.М. Чуницька вели моніторингові дослідження стану атмосферного повітря в межах впливу ВАТ “Південний гірничо-збагачувальний комбінат” [4] та інші. Однак у призначенні і цілях створення моделі системи екологічного моніторингу в умовах конкретного регіону існує ряд особливостей. Зокрема – специфіка комп'ютерої моделі дифузійних потоків шкідливих речовин з урахуванням рози вітрів як результату діяльності промислових об'єктів, які впливають на атмосферне повітря.

Кінцевою метою створення комп'ютерної моделі системи екологічного моніторингу підприємства є скорочення викидів шкідливих речовин за рахунок екологічного контролю виробничих процесів, формування й оперативного подання даних для прийняття на різних рівнях керівництва підприємства рішень щодо попередження екологічно небезпечних ситуацій, підтримки і зниження встановлених показників припустимого забруднення навколишнього природного середовища.

Метою наших досліджень стала розробка та впровадження комп'ютерної моделі системи екологічного моніторингу атмосферного стану Криворіжжя, яка обумовлена специфікою стану системи керування природоохоронною діяльністю на підприємствах.

Об'єктом дослідження нами обрано систему екологічного контролю атмосферного повітря території промислового міста Кривий Ріг.

Розвиток гірничо-добувних підприємств, будівництво лінійних споруд викликали інтенсивну деградацію природних ландшафтів, збільшення площ порушених земель, а значить, і забруднення навколишнього середовища. А це і багато подібно спричинило нагальну необхідність в оздоровленні довкілля, ухвалення ефективних заходів із заборони впливу на навколишнє середовище, несумісного зі збереженням здоров'я нинішнього й майбутніх поколінь. У Кривому Розі ця проблема стоїть найбільш гостро, оскільки в регіоні негативний вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище завеликий. Тут переважають техногенні ландшафти, які виникли внаслідок трудової діяльності людини; спостерігається значне забруднення атмосфери промисловими викидами і швидка деградація природно-рослинного покриву.

Кривий Ріг, витягнутий у вигляді дуги на 120 км з півдня на північ, являє собою конгломерат: у межах міста знаходяться і шахти, і відкриті кар'єри з видобутку залізної руди, і великі збагачувальні фабрики, і металургійні заводи, а навкруги розміщені житлові квартали, адміністративні і соціально-побутові заклади.

Серед промислових об'єктів: підприємства гірничозбагачувального профілю (ПівнГЗК, ІнГЗК, ПГЗК, ЦГЗК); будівельні (HeidelbergCement, завод лакофарбових матеріалів) і підприємства металургійного комплексу (металургійне виробництво, коксохімічне виробництво і гірничозбагачувальний комплекс). Усі вони характеризуються великою кількістю шкідливих речовин в атмосферу, гідро- і літосфери.

Забруднювачі, які потрапляють у гідросферу і літосферу, досить легко піддаються контролю, тому що мають фіксовані джерела викидів, шляхи відводів і місця складування. Набагато складніше справа з речовинами, що забруднюють атмосферу, оскільки їх кількість залежить від дотримання технології виробництва та стану пилогазоочисного устаткування, а місце забруднення цілком – від погодних умов, зокрема від швидкості і напрямку вітру.

У цих викидах міститься понад 50 різних компонентів, 96 % з них складають продукти згоряння: оксиди азоту, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, сірководень, феноли, аміак, а також пил. Саме за цими компонентами і необхідний постійний контроль. На комбінаті "АрселорМіттал Кривий Ріг" була створена система спостереження за станом атмосфери, що складалася з трьох стаціонарних постів, обладнаних хімічними поглиначами. Стаціонарні пости дозволяють спостерігати за станом атмосфери в окремих районах міста і контролювати вплив джерел викидів за відповідних вітрів.

До недавнього часу всі моніторингові дослідження стану атмосфери проводилися за допомогою так званої "мокрої хімії". Цей метод заснований на

пропущенні повітря крізь рідкий поглинач, в якому затримується досліджуваний компонент з подальшим виявленням його хімічним шляхом.

Викладений метод досить дорогий, враховуючи витрати на обладнання, посуд та хімреактиви, трудомісткий і вимагає великих затрат часу (20 хв на відбір проби і близько півгодини на її обробку), а в підсумку забезпечує досить низький рівень точності (помилка $\pm 25\%$).

У 2003 році для екологічної лабораторії НКГЗК комбінат придбав для проведення моніторингових досліджень стану атмосфери – пересувну екологічну лабораторію контролю якості атмосфери (надалі скорочено – ЕЛКА). Лабораторія включає відповідно оснащений автомобіль “Газель”, пристрій для відбору проб, 3 електронних газоаналізатори, розчинник газових проб і допоміжне обладнання. ЕЛКА може контролювати вплив джерел забруднення усіх структурних підрозділів “АрселорМіттал”, при впливі різних напрямків вітрів у всіх районах міста та в будь-який час дня і ночі. За один виїзд можна взяти проби атмосферного повітря у 5-ти точках.

За допомогою електронних газоаналізаторів відібрані проби обробляються набагато швидше (близько 5 хв на одну трикомпонентну пробу), точніше (помилка близько 10 %), за менших трудових і матеріальних витрат (аналітичний метод не потребує стаття витратних матеріалів).

ВАТ “Украналіт”, на прохання комбінату, до складу устаткування пересувної екологічної лабораторії включив пристрій для розведення газових проб УПП-100. Завдяки йому забезпечується визначення вмісту шкідливих домішок у промислових викидах з великою концентрацією, неприпустимою для газоаналізаторів. Це дозволило відмовитися від застосування “мокрої хімії” і в цих дослідженнях. Застосування методу освоєно на викидах аглофабрик ГЗК. Таким чином, ЕЛКА виконує відбір проб повітря для контролю за станом приземного шару атмосфери в санітарно-захисній зоні та на території житлових масивів; дослідження запиленості та загазованості атмосфери в санітарно-захисній зоні при проведенні масових вибухів у кар’єрах ГЗК, які характеризуються короткочасністю і складністю визначення напрямку руху пило-газової хмари; лабораторні дослідження з визначення якісного стану атмосфери.

Поширенню шкідливих речовин сприяє вітровий режим нашого регіону. На території Кривого Рогу в холодний час переважають вітри східного і північно-східного напрямків, в теплий – західного і північно-західного. Вітряно буває 250 днів на рік, швидкість вітру коливається від 2 до 5 м/с (61 %) і від 6 до 10 м/с (25 %). Улітку кожного року спостерігаються вітри-суховії середньої інтенсивності, інтенсивні – чотири роки з п’яти, дуже інтенсивні – кожен п’ятий рік.

Виходячи з актуальності проблеми і складності її натурального дослідження, доцільно було побудувати математичну модель процесу дифузії шкідливих речовин у повітрі з урахуванням рози вітрів і пристосування її до реальної ситуації Кривбасу.

Якщо середовище нерівномірно заповнене газом, то має місце дифузія його з місць із більш високою концентрацією в місця з меншою.

Розглянемо процес дифузії шкідливої речовини в атмосфері. Він може бути описаний функцією $U(x,y,t)$, що подає концентрацію в точці з координатами x і y в момент часу t , яка розраховується за рівнянням дифузії

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial U}{\partial y} \right) = c \frac{\partial U}{\partial t}, \quad (1)$$

де D – коефіцієнт дифузії (в загальному випадку може бути функцією координат); c – коефіцієнт, який характеризує середовище, де відбувається дифузія.

Рівняння наведено без урахування постійно діючих джерел шкідливих речовин. Приймалась також незалежність від координати над рівнем моря (задача для площини).

Якщо прийняти, що коефіцієнт дифузії постійна величина і $c = 1$, то рівняння дифузії матиме вигляд:

$$D \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial U}{\partial t}. \quad (2)$$

Наступним кроком у розробці математичної моделі розглянемо задачу про дифузію газу в заданому стаціонарному потоці, швидкість якого в точці $M(x,y,z)$ має значення $v(x,y,z)$. Нехай у напівпросторі $z \geq 0$ є повітряний потік з постійною швидкістю v_0 , спрямованою вздовж осі x . Тоді з рівняння (2) отримаємо, що

$$D \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - v_0 \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{\partial U}{\partial t}. \quad (3)$$

Функція $U(x,y,t)$, яка входить до рівняння (3), неперервна на відкритій площині. Вона задовільняє рівнянню дифузії (3), а також початковим (4) та крайовим (граничним) умовам (5):

$$U(x,y,t) = \varphi(x,y) \quad (4)$$

$$\lim_{\substack{x \rightarrow \infty \\ y \rightarrow \infty}} U(x,y,t) = 0 \quad (5).$$

Для розв'язання задачі (3), (4), (5) використаємо метод сіток. В його основі лежить ідея заміни похідних кінцево-різницевиими співвідношеннями. Ми обмежимося випадком двох незалежних координатних змінних (задача на площині).

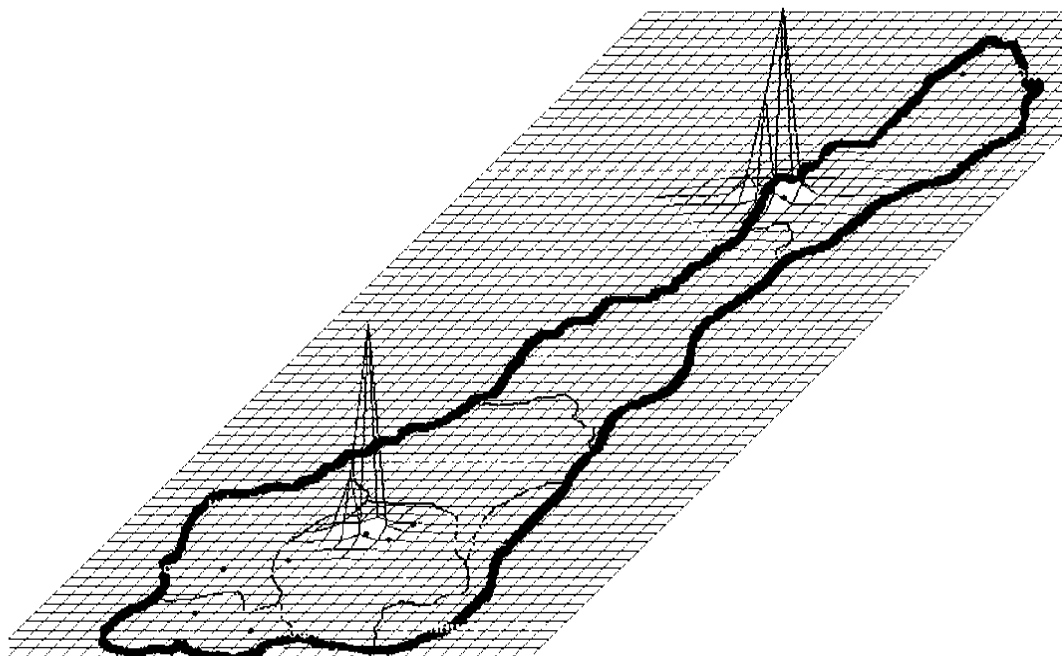
З метою реалізації даної математичної моделі було створено комп'ютерну програму. Її розроблено в середовищі візуального програмування Borland Delphi 4 на мові програмування Object Pascal версії 8.0. Програма являє собою багатовіконний проект, який реалізує алгоритм розв'язку нашої задачі.

Програма призначена для візуальної демонстрації поширення викидів шкідливих речовин відповідно до початкових даних у вигляді аксонометричної проекції тривимірної кривої, яка є розв'язком диференціального рівняння (3).

Програма надає можливість задати для кожного поточного експерименту початкові дані: час, концентрацію викиду шкідливих речовин, місце викиду (конкретне підприємство Кривбасу), напрямок і швидкість вітру. Усі величини

задаються в умовних одиницях. Наприклад, швидкість вітру можна задавати в діапазоні 0–100 %, тобто від повного штилю до буревію.

Працюючи з даною програмою, можна одержати інформацію про те, скільки пройшло часу з моменту викиду шкідливих речовин, про напрямок і швидкість вітру в кожному поточному експерименті, а також про рівень забруднення в будь-якому місці та в будь-який момент часу (рисунок).



ВІТЕР ЗАХІДНИЙ 70

З МОМЕНТУ ВИКИДУ ПРОЙШЛО 11 УМОВ. ОД. ЧАСУ
КОНЦЕНТРАЦІЯ У ВКАЗАНОМУ МІСЦІ 18,1155605316

Аксонетрична проекція тривимірної кривої, яка описує поширення викидів шкідливих речовин

Модель не мала еспериментальної перевірки, тому всі вхідні дані задавалися довільно.

Розроблена нами комп'ютерна програма може бути основою подальшого наукового дослідження в області екології та рекомендована як ефективний засіб у процесі фахової підготовки екологів у вищих навчальних закладах Криворізького регіону, зокрема під час викладання навчальної дисципліни “Моделювання та прогнозування стану довкілля”.

Висновки

Створення комп'ютерної моделі системи екологічного моніторингу є основою для зміни екологічної політики підприємств Криворіжжя, яка має бути спрямована на досягнення максимального скорочення ймовірності виникнення ситуацій, що характеризуються втратою контролю за рівнем впливу на природне середовище.

Сьогодення вимагає розширення екологічних пріоритетів у напрямках інноваційної політики: вкладання інновацій в екологічне оздоровлення і

відтворення природного потенціалу; формування еколого-інноваційного потенціалу регіонів. Рушійною силою у процесі переходу українського суспільства до гармонійного розвитку є розвиток екологічної освіти, передусім організація підготовки науково-педагогічних кадрів екологів високої кваліфікації та професійної підготовки екологів.

Бібліографія

1. Балакин А.А. Разработка эколого математической модели угольного предприятия при решении проблем экологической безопасности / А.А. Балакин, В.Н. Артамонов, Д.А. Макеева // Сучасний стан навколишнього природного середовища промислових та гірничопромислових регіонів. Проблеми та шляхи вирішення: матеріали науково-практичної конференції, 17–21 травня 2004 р. – Алушта : Знання, 2004. – С. 94–96.

2. Ковбаса О.П. Система екологічного моніторингу повітряного простору на основі надвисокочастотного зондування / О.П. Ковбаса, В.Л. Черевко, В.О. Шайда // Там же. – Алушта : Знання, 2004. – С. 94–96.

3. Левицька О.С. Модель руху забруднених повітряних мас з урахуванням орографії підстилаючої поверхні / О.С. Левицька // Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології та раціонального природокористування: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 19–21 березня. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – С. 171-173.

4. Софілканич О.В. Моніторингові дослідження стану атмосферного повітря в межах впливу ВАТ “ПівнГЗК” / О.В. Софілканич, С.М. Чуницька // Там же. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – С. 262–264.