

ПОБУДОВА ІЗОПЛЕТ ПОШИРЕННЯ ВИКИДІВ ДЛЯ ТОЧКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЗА НЕЕКВІДИСТАНТНИМИ ВИМІРЮВАННЯМИ

*І.Б. Івасів, О.М. Семенюк,
Л.Є. Червінка, О.О. Червінка*

Фізико-механічний інститут
НАН України
м. Львів, вул. Наукова, 5
E-mail: igreg@ukr.net

Запропоновано методика оцінки просторового розподілу поширення аерозольних викидів для точкових джерел на основі апроксимації даних вимірювань концентрації аерозолів на нееквідистантній сітці точок контролю.

Вступ. Однією з важливих задач екологічного моніторингу довкілля є дослідження характеристик джерел викидів на контрольованій території. Таке дослідження дає можливість реально оцінити фактичні чи можливі загрози для навколишнього середовища та здоров'я людей, а також здійснювати ефективну інспекцію щодо порушення норм викидів. Якщо на відносно невеликій території є відразу декілька джерел викидів, а особливо – однотипних, зазначена оцінка чи інспекція стає нетривіальною задачею, пов'язаною з сумаційними ефектами дії компонентів забруднень. У зв'язку з цим важливо досліджувати не лише якісний склад та кількісні характеристики викидів, але й їх просторовий розподіл для кожного з джерел. Так, в [1, 2] на основі просторових і часових характеристик джерел промислових викидів моделюється поширення забруднень на досліджуваній території з врахуванням особливостей ландшафту і метеоумов та робиться прогноз часу і місць пікових значень концентрацій шкідливих речовин. Також даються рекомендації щодо ідентифікації порушників екологічних норм.

Поширеним компонентом забруднень довкілля є аерозольні викиди (пил, дим, випари, біоаерозолі і т.п.). Так, лише на пил може припадати понад 10 % у загальному обсязі антропогенних викидів [3]. В залежності від виду, аерозо-

льні забруднення можуть мати різні шляхи поширення та чинити різний вплив на довкілля і людей.

Найпоширенішим способом переносу аерозольних забруднень є повітряний. Завислі у повітрі аерозольні частинки можуть подразнювати органи дихання, очі та шкіру людей і тварин, бути джерелом неприємного запаху, спричиняти серйозні захворювання дихальних шляхів, шкіри, шлунково-кишкові розлади, важкі алергічні реакції, гострі отруєння та онкологічні хвороби [4].

Таким чином, дослідження характеристик джерел аерозольних викидів, пов'язаних з повітряним шляхом поширення цих викидів, є актуальною задачею.

Вище відзначалося, що однією з таких характеристик є просторовий розподіл концентрацій викидів, який найчастіше зображають у вигляді накладених на карту ізоплет – ліній, що відповідають однаковій концентрації. Для точкових джерел викидів ізоплети за умов одного переважаючого напрямку вітрів та відсутності ландшафтних неоднорідностей мають форму еліпсів [5]. Однак, у випадку складніших ландшафтів (складний рельєф, забудова, неоднорідний рослинний покрив і т.п.) та неодномодальних розподілів напрямків вітрів ізоплети будуть мати складнішу форму (рис. 1 [4]).

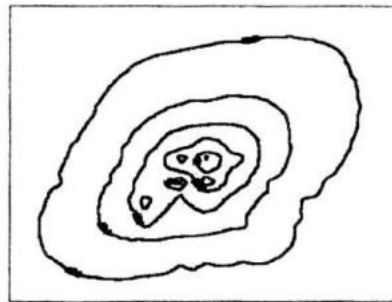


Рис. 1. Ізоплети аерозольних викидів для складного ландшафту

Для побудови таких ізоплет необхідно мати достатньо велику кількість точок вимірювань концентрацій, більш-менш рівномірно розподілених по контрольованій площі [4]. Ще одна схема передбачає розміщення 48-ми засобів вимірювання чи пробовідбору на сітці, що сформована 16-ма азимутальними напрямками

та трьома відстанями від джерела викидів (d_{\max} , $d_{\max}/2$ та $2d_{\max}$, де d_{\max} – відстань, що відповідає максимальній приповерхневій концентрації) [4]. З огляду на те, що в більшості випадків такі точки треба обладнати стаціонарними засобами оцінки аерозольних забруднень для одночасного вимірювання концентрацій протягом достатньо тривалого проміжку часу (мінімально – 1 доба [4]), процедура оцінки просторового розподілу концентрацій для джерела аерозольних викидів є досить дорогою. Для її здешевлення використовують схему розміщення точок контролю у вигляді рівномірної радіально-концентричної сітки, показаної на рис. 2,

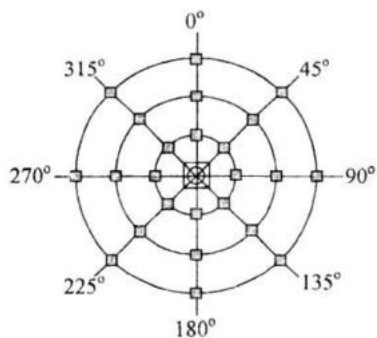


Рис. 2. Радіально-концентрична сітка точок контролю концентрації

та апроксимацію вміряних на цій сітці значень концентрацій для більш детальної побудови просторового розподілу. При цьому, з метою зменшення впливу інших джерел аерозольних викидів, використовують засоби для напрямлених вимірювань. Однак, в багатьох випадках особливості ландшафту (забудова, важкодоступні місця і т.п.) унеможливають реалізацію такої сітки вимірювань.

В даній роботі пропонуються підходи для оцінки просторового розподілу поширення аерозольних викидів точкового джерела за вимірюваннями концентрації аерозолів на нееквідистантній сітці точок контролю, що дозволяє розміщувати вимірювальні засоби лише в реально доступних точках контролю.

Побудова ізоплет за еквідистантними вимірюваннями. Процедура побудови просторового розподілу аерозольних викидів за даними вимірювання концентрацій аерозолів на рівномірній радіально-концентричній сітці полягає в наступному.

Розраховуються концентрації для проміжних напрямків шляхом інтерполяції даних еквідистантних сенсорів. За вимірними та інтерпольованими значеннями будуються еквідистантні профілі концентрацій (рис. 3).

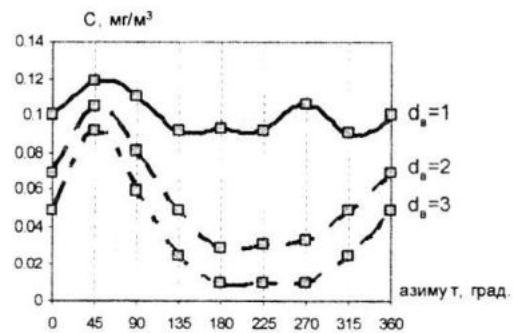


Рис. 3. Еквідистантні профілі концентрацій

Апроксимуючи виміряні чи інтерпольовані значення концентрацій вздовж заданих напрямків і знаходячи за допомогою отриманих залежностей відстані, що відповідають заданим фіксованим значенням концентрації (рис. 4), отримуємо точки для побудови ізоплет ($d_n=d/50$, d – відстань до джерела викидів у метрах).

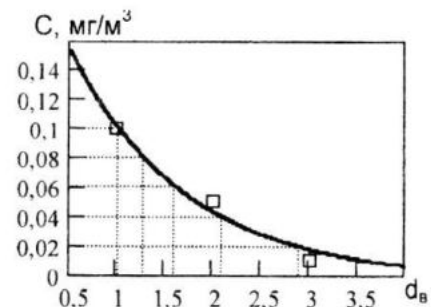


Рис. 4. Апроксимований радіальний профіль концентрації на рівномірній сітці

Побудова ізоплет на нееквідистантній сітці вимірювань. Однак, як відзначалось вище, на практиці реалізація радіально-концентричної сітки вимірювань, показаної на рис. 2, в більшості випадків неможлива.

Так, спроба встановлення точок контролю за наведеною схемою для оцінки просторового розподілу викидів котельні пансіонату “Шацькі озера” (оз. Світязь, Волинська обл.) зазнала невдачі, оскільки еквідистантні точки часто потрапляли

на будівлі, проїжджу частину доріг та важкодоступні заболочені місця. Тому реально вдалося вибрати точки контролю, показані на рис. 5.

Вимірювання концентрацій аерозольних викидів здійснювалось за допомогою переносного оптичного пиломіра TMdigitalµP виробництва фірми Hund GmbH (Німеччина). Дані вимірювань разом з координатами, встановленими за допомогою GPS-навігатора, показані в табл. 1.

Апроксимуючи для кожного напрямку (нехтуючи при цьому невеликі азимутальні відхилення точок контролю) виміряні значення концентрацій, подібно до того, як це робиться для рівномірної радіально-концентричної сітки, отримуємо азимутальні профілі концентрації відносно джерела викидів (рис. 6). За допомогою цих залежностей знаходимо точки для побудови ізоплет, що відповідають концентраціям 0,04; 0,06; 0,08 та

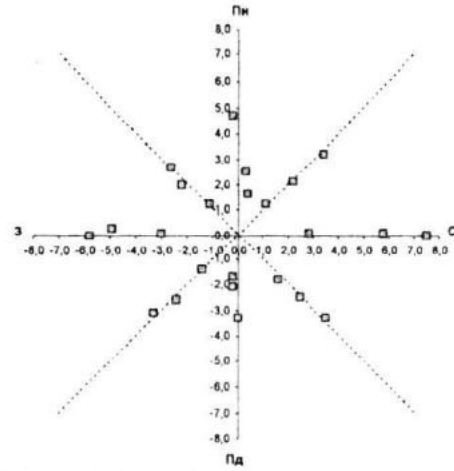


Рис. 5. Нееквідистантне розміщення точок контролю довкола котельні пансіонату "Шацькі озера"(одна поділка відповідає відстані 50 м)

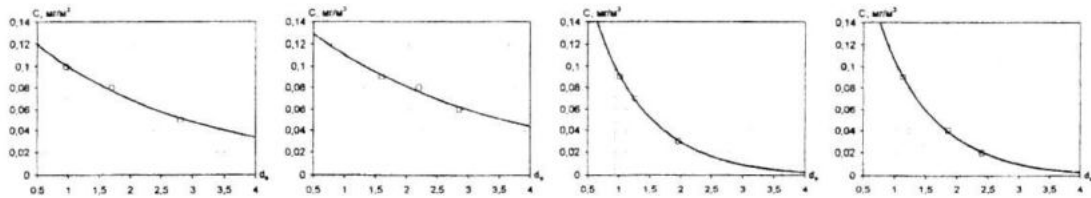
0,10 мг/м³. Інтерполюючи ці точки, знаходимо просторовий розподіл концентрацій аерозольних викидів котельні (рис. 7).

Таблиця 1

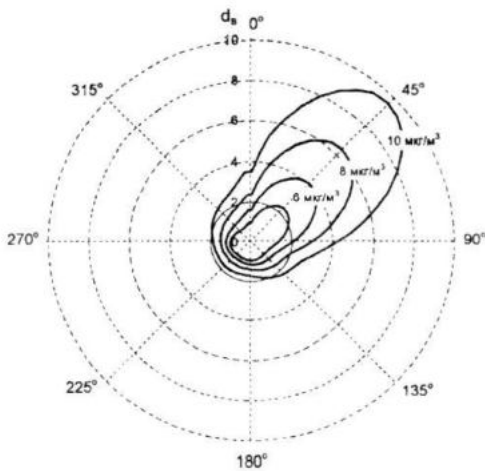
Дані вимірювання концентрацій аерозольних викидів котельні

Азимут, °	Точка контролю	Географічні координати								Відстань до труби d, м	Відносна відстань d _n =d/50	Концентрація С, мг/м ³
		Північна широта			Східна довгота			Різниця широти, "				
		°	'	"	°	'	"	"	"			
	Труба	51	28	24,5	0	23	48	50,3	0	0	0	-
0	Пн-1	51	28	26,1	1,6	23	48	50,7	0,4	48,0	0,96	0,1
0	Пн-2	51	28	27,0	2,5	23	48	50,6	0,3	85,0	1,7	0,08
0	Пн-3	51	28	29,2	4,7	23	48	50,1	-0,2	140,0	2,8	0,05
45	ПнС-1	51	28	25,7	1,2	23	48	51,4	1,1	43,0	0,86	0,12
45	ПнС-2	51	28	26,6	2,1	23	48	52,5	2,2	74,0	1,48	0,11
45	ПнС-3	51	28	27,7	3,2	23	48	53,7	3,4	116,0	2,32	0,1
90	С-1	51	28	24,6	0,1	23	48	53,1	2,8	53,0	1,06	0,09
90	С-2	51	28	24,6	0,1	23	48	56,1	5,8	110,0	2,2	0,08
90	С-3	51	28	24,5	0,0	23	48	57,8	7,5	142,5	2,85	0,06
135	ПдС-1	51	28	22,7	-1,8	23	48	51,9	1,6	62,0	1,24	0,08
135	ПдС-2	51	28	22,0	-2,5	23	48	52,8	2,5	90,0	1,8	0,05
135	ПдС-3	51	28	21,2	-3,3	23	48	53,8	3,5	120,0	2,4	0,04
180	Пд-1	51	28	22,8	-1,7	23	48	50,1	-0,2	51,0	1,02	0,09
180	Пд-2	51	28	22,4	-2,1	23	48	50,1	-0,2	63,0	1,26	0,07
180	Пд-3	51	28	21,2	-3,3	23	48	50,3	0,0	98,0	1,96	0,03
225	ПдЗ-1	51	28	23,1	-1,4	23	48	48,9	-1,4	51,0	1,02	0,09
225	ПдЗ-2	51	28	21,9	-2,6	23	48	47,9	-2,4	91,0	1,82	0,04
225	ПдЗ-3	51	28	21,4	-3,1	23	48	47,0	-3,3	113,0	2,26	0,02

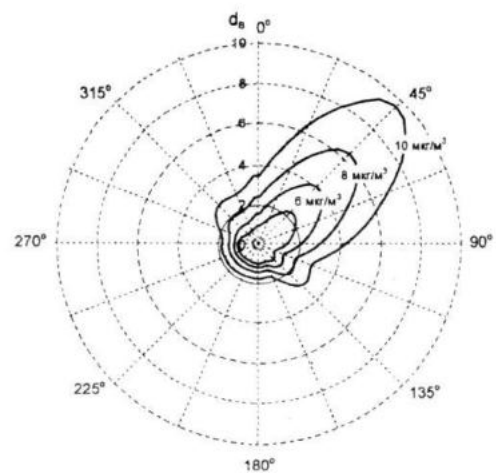
270	3-1	51	28	24,6	0,1	23	48	47,3	-3,0	57,0	1,14	0,09
270	3-2	51	28	24,8	0,3	23	48	45,4	-4,9	93,0	1,86	0,04
270	3-3	51	28	24,5	0,0	23	48	44,5	-5,8	120,0	2,4	0,02
315	ПнЗ-1	51	28	25,7	1,2	23	48	49,2	-1,1	41,0	0,82	0,1
315	ПнЗ-2	51	28	26,5	2,0	23	48	48,1	-2,2	72,0	1,44	0,07
315	ПнЗ-3	51	28	27,2	2,7	23	48	47,7	-2,6	94,0	1,88	0,05



Р и с. 6. Апроксимовані радіальні профілі концентрації на нееквідистантній сітці для азимутів 0°, 90°, 180° та 270° (інші 4 профілі не приведено)



Р и с. 7. Ізоплети аерозольних викидів котельні пансіонату "Шацькі озера"



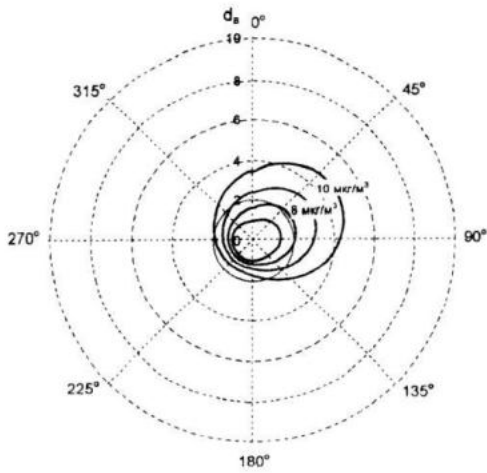
Р и с. 8. Ізоплети аерозольних викидів котельні пансіонату "Шацькі озера" з інтерпольованими даними

Якщо необхідні більш детальні (за азимутальними кутами) ізоплети, то пропонується використати наступну процедуру.

Із радіальних профілів визначаються концентрації, що відповідають заданим фіксованим значенням відстані від джерела викидів. За цими даними будуються інтерпольовані еквідистантні профілі концентрацій, за допомогою яких визначаються значення концентрацій та відповідні апроксимовані радіальні профілі для додаткових азимутальних напрямків. Із отриманих таким чином додаткових азимутальних профілів і визначаються нові точки для ізоплет. Отриманий за вказаною процедурою детальніший за азимутальними кутами просторовий розподіл концентрації аерозольних викидів зображено на рис. 8.

За подібною методикою будувався просторовий розподіл концентрацій аерозольних викидів для скороченого набору точок контролю (вибиралось 12 точок, що відповідають азимутальним кутам 0°, 90°, 180° та 270°). З результатів, представлених на рис. 9, видно, що чотирьох азимутальних напрямків недостатньо для побудови репрезентативного просторового розподілу концентрацій викидів.

Слід зауважити, що представлені дані мають лише демонстраційний характер, оскільки були отримані без дотримання рекомендованих методик: концентрації в точках контролю вимірювались не одночасно протягом тривалого часу, а послідовно, точка за точкою, за допомогою одного приладу (TMDigitalµP) з ча-



Р и с. 9. Ізоплети аерозольних викидів для скороченого набору точок контролю

сом усереднення 1 хв. Загальна тривалість вимірювань концентрацій складала 3 год.

Тим не менше, вказаний підхід має універсальний характер і фактично не залежить ні від конкретних методів збору даних, ні від номенклатури самих даних. Це дає змогу застосовувати його не лише в екологічних дослідженнях, але й в інших галузях науки і техніки.

Висновки. Із викладеного вище можна зробити наступні висновки:

- розроблена методика побудови ізоплет аерозольних викидів на основі апроксимації даних вимірювань на нееквідистантній сітці точок контролю дозволяє ефективно здійснювати оцінку просторового розподілу поширення викидів для точкових джерел в умовах складного ландшафту з недоступними ділянками;

- запропоновано спосіб, що дозволяє отримувати додаткові радіальні профілі концентрації та детальніше будувати ізоплети на основі азимутальної інтерполяції концентрацій в еквідистантних точках експериментально отриманих радіальних профілів концентрації;

- оптимальна конфігурація розміщення засобів вимірювання концентрації – по 3 точки контролю на 8 азимутальних напрямків – всього 24 точки.

Подальші дослідження слід спрямувати на практичне застосування вказаної методики, в тому числі для систематичного дослідження характеристик джерел аерозольних викидів у Шацькому національному природному парку. Варто також спрямувати зусилля на розширення області застосування запропонованого підходу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Skiba Yu.N., Davydova-Belitskaya V. Air pollution estimates in Guadalajara City // *Environmental Modeling and Assessment*. – 2002. – v. 7. – P. 153 – 162.
2. Skiba Yu. N. On a method of detecting the industrial plants which violate prescribed emission rates // *Ecological Modelling*. – 2003. – v. 159. – P. 125 – 132.
3. Хвастунов А.И. Экологические проблемы малых и средних промышленных городов: оценка антропогенного воздействия / А.И. Хвастунов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 248 с.
4. *Monitoring of Particulate Matter in Ambient Air around Waste Facilities*. Technical Guidance Document M17. – Environment Agency (UK), 2003 – [Cited 2005, 12 May]. – <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GENO1105BJXU-e-e.pdf>
5. Смит У.Х. Лес и атмосфера. – Москва: Прогресс, 1985. – 430 с.