

Є.М. Кіптенко, Т.В. Козленко

РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ КОРОТКОТЕРМІНОВОГО ПРОГНОЗУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ МІСТА ЛУЦЬКА

Розглянуто основні характеристики забруднення повітря у місті Луцьк. Досліджено закономірності формування високого рівня забруднення атмосфери шкідливими домішками (пил, діоксид азоту, оксид вуглецю, діоксид сірки, фенол).

Вступ

Підвищенню якості атмосферного повітря у промислових містах України шляхом зменшення його забруднення промисловими домішками слугують своєчасні та достовірні прогнози про формування умов, які сприяють значному забрудненню атмосфери.

Перелік міст, для яких уже розроблено методику прогнозу забруднення повітря атмосфери, охоплює значну частину промислових центрів України, однак залишаються міста, для яких доцільність розробки методів і здійснення прогнозування високих рівнів забруднення повітря не викликає сумнівів. До їх числа належить і Луцьк. Ступінь забруднення повітря у місті за окремими домішками вищий за середній по мережі спостережень Державної гідрометеорологічної служби України.

Для розроблення схеми прогнозу забруднення повітря у м. Луцьк використовувались дані ЦГО.

Метеорологічні умови формування високого рівня забруднення атмосфери

Існуючі схеми статистичного прогнозу забруднення граничного шару атмосфери базуються на дослідженнях зв'язків між забрудненням повітря у місті та метеорологічними умовами.

Забруднення повітря у місті є складним багатofакторним явищем. Важлива роль у формуванні певного рівня забруднення атмосфери належить метеорологічним величинам, які впливають на формування поля забруднення повітря і його стійкість в тій мірі, в якій вони

визначають загальний характер перенесення повітряних мас та їх турбулентне змішування.

Аналіз випадків високого рівня забруднення повітря у місті Луцьк за трирічний період (1992-1994 рр.) дозволив встановити деякі закономірності впливу метеорологічних умов на концентрацію шкідливих домішок.

Найбільший внесок у ці процеси вносять термодинамічна стійкість та вітер, від яких залежать ефективність віддалення домішок від джерел забруднення і концентрація небезпечних речовин у граничному шарі повітря. Тому основним принципом дослідження питань прогнозування забруднення повітря у місті є максимальне врахування особливостей впливу метеорологічних умов на концентрацію домішок в атмосфері.

Розповсюдження забруднюючих речовин по вертикалі в граничному шарі атмосфери в значній мірі залежить від ступеня стійкості повітря, тобто від температурної стратифікації. Вільна конвекція обумовлює інтенсивне розсіювання домішок у великому об'ємі повітря, а товщина шару перемішування визначає верхню межу цього об'єму. У зв'язку з цим кращі умови для розсіювання домішок створюються при сильній нестійкості і добре розвинутому шарі перемішування. Це буває в ясні сонячні дні, особливо влітку. Навпаки, гірші умови для розсіювання виникають при інверсії температури, коли граничний шар стратифікований стійко. Турбулентність при цьому подавлена, вертикальні рухи значно послаблені.

Відомо, що застій повітря негативно впливає на накопичення домішок в атмосфері. Велике значення має для міста повторюваність і потужність приземних і припіднятих інверсій. Припідняті інверсії температури перешкоджають розсіюванню викидів від високих джерел.

Повторюваність припіднятих інверсій вночі становить 45%, вдень – 55%. Потужність припіднятих інверсій вночі і вдень – 380 м. Середня річна повторюваність приземних інверсій вночі – 51%, вдень – 7%, вранці та ввечері – 21%. Потужність приземних інверсій уночі – 350 м, вдень – 260 м [1].

За допомогою кореляційного аналізу встановлені статистично значущі фактори, що формують рівень забруднення повітря у місті. До них відносяться напрям та швидкість вітру, температура повітря, синоптична ситуація і попереднє забруднення повітря.

Вітер у Луцьку обумовлений особливостями атмосферної циркуляції (місячним та сезонним режимом активності баричних центрів, що виникають над північною частиною Євразії і Атлантики). У місті впродовж року переважає вітер західного та північно-західного напрямку. Зміна циркуляційних процесів в той або інший сезон обумовлює зміну напрямку вітру, що пов'язано з перебудовою баричного поля. Так, у зимовий період переважають вітри західних румбів, весною відбувається зміна напрямку вітру на південно-східні. У перехідний період від весни до зими і на початку зими переважає вітер південно-східного та південного напрямку. Стійкість синоптичних умов у теплий період створює невеликі температурні контрасти, з якими пов'язані й невеликі швидкості вітру (2,7-3,8 м/с). Взимку неоднорідність атмосферного поля часто створює великі баричні градієнти, що, в свою чергу, призводить до збільшення швидкості вітру (4,1-4,5 м/с) [1].

Вплив цього фактору найбільш чітко виявляється тоді, коли джерела викидів забруднюючих речовин розташовані на околицях міста або в навітренній чи підвітренній його частині. Так, наприклад, у Луцьку при вітрах північного і північно-східного напрямів відмічається вплив на забруднення повітря викидів забруднюючих речовин заводу синтетичних шкір, картонно-рубероїдного заводу, шовкового комбінату, заводу залізобетонних виробів та інших. При західному напрямку вітру відмічається вплив викидів від приладобудівного заводу, деревообробного комбінату та інших.

Підвищене забруднення повітря у місті спостерігається при штилі, найбільша повторюваність якого з червня по вересень 13-19%, та слабких вітрах, повторюваність яких близько 30%. Інший максимум відмічається при швидкості вітру – 4-6 м/с, що характерно для високих джерел викидів. Для окремих домішок (діоксиду азоту, фенолу) підвищене забруднення повітря спостерігається при великих швидкостях вітру (9-14 м/с). Підвищені концентрації окремих домішок при швидкості вітру більше або дорівнює 9 м/с можуть бути пов'язані з розміщенням великої кількості промислових об'єктів на значній території і, відповідно, з впливом на формування концентрацій чисельності віддалених джерел. Відомо, що з віддаленням від джерел викидів зростає вплив так званої небезпечної швидкості вітру.

Аномально несприятливі метеорологічні умови для гарячих високих джерел викидів – це нестійка термічна стратифікація нижнього шару

атмосфери при наявності штилю або швидкості вітру 3-7 м/с, припіднята інверсія (нижня межа 100-200 м); для холодних високих джерел викидів – нестійка термічна стратифікація, штиль або швидкість вітру 1-2 м/с, інверсія припіднята; для низьких джерел – стійка стратифікація, штиль, приземна інверсія.

Температура повітря та відносна вологість побічно впливають на забруднення повітря через зміну витрат палива на обігрів приміщень, режиму роботи ТЕЦ і котелень. Вони характеризують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела і подальшого її розповсюдження в атмосфері.

У зимовий період роль температури у формуванні забруднення більш помітна. Взимку частіше відмічається підвищення рівня забруднення зі зниженням температури. Це характерно для антициклонічної погоди, коли при низьких температурах повітря встановлюється стійка термічна стратифікація. Значне забруднення повітря взимку може відмічатися й при порівняно високих температурах зі швидкістю вітру не більше 4-5 м/с у теплих секторах циклонів.

Напрямок та швидкість вітру, в свою чергу, залежить від типу баричного утворення, яке розташоване над містом.

У зв'язку з цим синоптичний фактор відіграє досить важливу роль при складанні прогнозу забруднення повітря. Тому облік впливу синоптичної ситуації на забруднення повітря підвищує ефективність прогнозу. В цілому забруднення атмосфери зменшується при переході від антициклонального баричного поля до циклонічного. В області центральної частини стаціонарного антициклону або гребня високого тиску на теплій західній периферії антициклону, при довготривалих мало градієнтних полях, у теплому секторі циклону, при невеликому градієнті тиску, при туманах відмічається підвищена повторюваність високого рівня забруднення.

В умовах активної циклонічної діяльності, при баричних утвореннях, які швидко переміщуються, домішки розсіюються в атмосфері і відмічається зменшення їх приземної концентрації. Очищенню повітря сприяє також випадання опадів, за винятком, як уже відмічалось, теплому сектору циклону, при наявності туману.

Ступінь забруднення повітря пов'язаний з інерційним фактором. Забруднення повітря Q у місті в значній мірі залежить від його значення Q' у попередній день. Якщо у попередній день значення Q' велике, то в

поточний день забруднення повітря, як правило, буде підвищене, при незмінних синоптичних умовах.

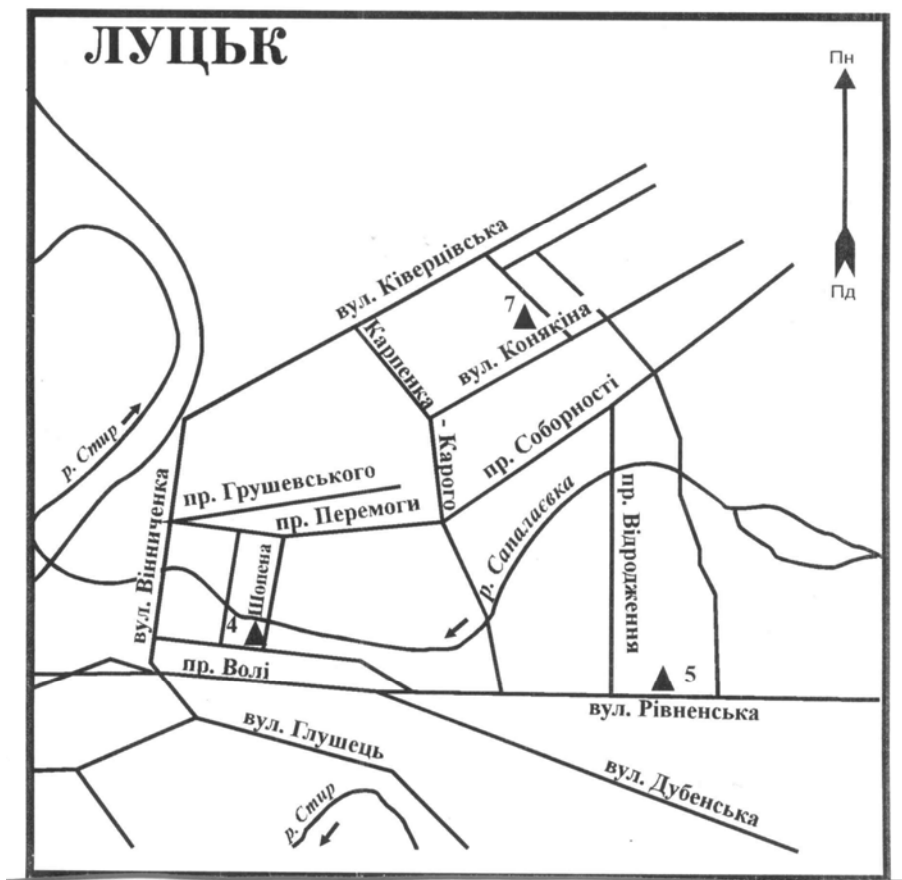


Рис. 1. Карта-схема розташування постів контролю забруднення атмосфери у м. Луцьк

Інша картина спостерігається, коли значення узагальненого по місту показника забруднення повітря мале і синоптичні умови не сприяють високому рівню забруднення повітря (наприклад, область пониженого тиску, центр циклону та інш.). У даному випадку у поточні дні частіше всього відмічається зниження забруднення повітря, якщо немає залпових викидів.

Характеристика забруднення повітряного басейну

Луцьк належить до міст зі значним рівнем забруднення атмосфери. Ступінь забруднення повітря у місті вищий середнього по мережі спостережень гідрометеорологічної служби. У місті встановлено три пости контролю за забрудненням атмосфери (рис. 1), на яких обов'язковими є вимірювання на всіх постах пилу, діоксиду сірки (SO_2), діоксиду азоту (NO_2), оксиду вуглецю (CO).

Промислові підприємства, що викидають велику кількість забруднюючих речовин, розташовані на околицях міста або за його межами. Внаслідок розбудови міста відбулося зближення міської агломерації з промисловими підприємствами. У межах міста знаходяться великі та малі підприємства різного виробничого профілю: машинобудування, електроенергетики, хімічної та легкої промисловостей, будівельних матеріалів та інші промислові підприємства, що викидають велику кількість забруднюючих речовин. Основними джерелами забруднення атмосфери у місті Луцьк є: ВАТ “Луцький підшипниковий з-д”; ВАТ “Луцький автомобільний з-д”; ВАТ “Луцьккомунмаш”; ВАТ “Луцький картонно-рубероїдний комбінат”; ВАТ “Волиньзалізобетон”; шовковий комбінат “Волтекс”, транспорт та інші.

За ефективною висотою викидів джерела поділяються на високі і низькі, за температурним режимом – гарячі та холодні.

За останні роки в забрудненні повітря міста спостерігається підвищений середній вміст діоксиду азоту – 1,2 ГДК, фенолу – 1,5 ГДК. Максимальні значення разових концентрацій забруднюючих речовин досягали, наприклад, у 2002 році з фенолу – 4,7 ГДК, з діоксиду азоту – 3,6 ГДК, з формальдегіду – 2,8 ГДК, з окису вуглецю – 1,0 ГДК.

У річному перебігу середньомісячних концентрацій найбільше забруднення повітря по пилу спостерігається на постах № 4 і № 5, діоксиду сірки, окису вуглецю - на всіх постах, двоокису азоту – в березні та червні на постах № 4 та № 5, фенолу – у вересні на посту № 5.

Тенденція середнього рівня забруднення атмосферного повітря міста за останні 5 років характеризувалась зниженням або стабільністю майже по всіх домішках.

Таким чином, основними домішками, які найбільше забруднюють повітря у місті, є пил, діоксид азоту, діоксид сірки, окис вуглецю та фенол. Розраховані середні статистичні характеристики свідчать про високе забруднення повітря саме цими речовинами. Їх максимальні значення можуть перевищувати ГДК у декілька разів.

Аналіз розрахованих нормованих концентрацій по цих домішках показав, що повторюваність всіх домішок відносно високого забруднення повітря ($Q \geq 1,4$) перевищує 10% загальної кількості спостережень за три роки (1992–1994 рр.). Наприклад, повторюваність $Q \geq 1,4$ для діоксиду сірки складає 12% влітку, для діоксиду азоту – 15% взимку, для окису

вуглецю – 13% взимку. За рівнем забруднення виділено три групи: відносно високе, помірне та знижене забруднення повітря.

Схема прогнозування

Схема короткотермінового прогнозу рівня забруднення повітря розроблена за матеріалами спостережень за концентраціями пилу, діоксиду азоту, діоксиду сірки, окису вуглецю та специфічної домішки - фенолу. В останні роки високий рівень забруднення повітря у місті зумовлений перевищенням ГДК по пилу, діоксиду азоту та фенолу.

Необхідно відмітити, що схема розроблена на матеріалі зимового (грудень, січень, лютий) і літнього (червень, липень, серпень) сезонів, але не дивлячись на це, вона використовується для всього холодного (листопад-березень) та теплого (квітень-жовтень) періодів.

Прогностичний розрахунок базується на використанні методу множинної регресії з урахуванням нелінійності зв'язків шляхом відповідного перетворення предикторів.

Для міста розроблено дев'ять прогностичних схем, які відносяться до п'яти домішок: пилу, діоксиду сірки, окису вуглецю, діоксиду азоту та фенолу. Для окису вуглецю рівняння регресії для прогнозу влітку не розроблено, тому що існуюча інформація недостатня для розроблення прогностичної схеми.

Нормована середня концентрація Q , яка використовується у даній методиці, визначається за формулою (1) [3]:

$$Q = \frac{\bar{q}}{q_{сер}}, \quad (1)$$

де Q – нормована середня концентрація домішки у місті; $q_{сер}$ – середня за сезон концентрація домішки (мг/м^3); q – середня по місту концентрація домішки за даний день (мг/м^3);

Середня по місту концентрація домішки (q) визначається як:

$$\bar{q} = \frac{1}{N} \sum q_i, \quad (2)$$

де q_i – концентрація домішки на i -му посту; N – кількість вимірів однієї домішки по всіх постах і за всі строки спостережень даного дня.

Значення $q_{сер}$ визначається як середня із трьох середньомісячних значень концентрацій конкретного сезону.

У прогностичну схему включені такі фактори: температура повітря t_{03} , t_{15} ($^{\circ}\text{C}$), напрям d_{03} , d_{15} та швидкість вітру v_{03} , v_{15} в строки 03 і 15 год,

тип синоптичного процесу C_{O_3} , а також нормована концентрація домішки за попередню добу Q' , яка дозволяє врахувати інерційність процесу забруднення. За ці ж строки визначається і тип синоптичної ситуації, поданий у вигляді індексів від 1 до 10 для зими і літа. При цьому виділені такі типи:

Зима	Літо
1 – обширні антициклони, відроги, ядра;	1 – обширні антициклони, відроги, ядра;
2 – гребені антициклонів, сідловина;	2 – гребені антициклонів, сідловина;
3 – П, ПЗ, З, ПдЗ, Пд, ПдС, С, ПС периферії антициклонів;	3 – П, ПЗ, З, ПдЗ, Пд, ПдС, С, ПС периферії антициклонів;
4 – область підвищеного тиску;	4 – область підвищеного тиску;
5 – передня частина циклону, ТФ;	5 – область пониженого тиску;
6 – улоговина;	6 – передня частина циклону;
7 – тил циклону; холодний фронт;	7 – теплий сектор, теплий фронт;
8 – теплий сектор циклону;	8 – тил циклону, холодний фронт;
9 – область пониженого тиску;	9 – улоговина;
10 – центр циклону, фронт оклюзії.	10 – центр циклону, фронт оклюзії.

За розробленою схемою прогнозуються середні добові нормовані концентрації кожної домішки. Для визначення попереднього значення середньої нормованої концентрації Q' використовуються концентрації домішок у попередній до прогнозу день за всі строки спостережень (01, 07, 13, 19 год). Кількісним значенням кожного з відібраних предикторів є не сама величина метеорологічної характеристики, а середнє значення Q , яке розраховане для різних градацій цього метеорологічного фактору.

У табл. 1 наведені середні значення Q для окремих градацій метеорологічних характеристик. Ці таблиці використовуються для перетворення предикторів [3]. Кожне значення метеорологічної характеристики за цими таблицями замінюється на відповідне її середнє значення Q , яке включається у розрахункове рівняння множинної регресії.

Параметри прогностичних рівнянь множинної регресії наведені в табл. 2. Прогноз забруднення атмосфери за цими рівняннями складається тоді, коли є всі необхідні для цього дані: прогностичні значення метеорологічних факторів та значення концентрації домішок за попередню добу.

Таблиця 1

Середні значення нормованої концентрації для окремих градацій метеорологічних характеристик. Зима

t03	-25-20,1	-20,0-15,1	-15,0-10,1	-10,0-5,1	-5,0-0,1	0,0-5,0	5,1-10
фенол	1,10	0,83	0,97	1,02	1,07	1,08	1,23

d03	штиль	Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Пил	0,63	0,44	0,80	0,42	0,39	0,68	0,46	0,72	0,70
СО	1,63	0,86	1,47	0,98	1,32	1,10	0,76	0,90	1,31
NO ₂	0,99	1,09	1,05	1,06	0,86	1,02	0,97	1,09	1,18

v03	штиль	1 - 2	3 - 4	5 - 6	7 - 8	9-10	11-12	13-14	15-16
Пил	0,63	1,40	0,72	0,57	0,48	0,46	0,30	0,25	
СО	1,63	2,26	1,09	1,11	0,80	0,83	0,56	0,80	1,00
SO ₂	0,80	0,94	0,81	0,89	0,77	0,92	0,84	0,25	0,80

С	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
пил	0,81	0,86	0,70	0,79	0,67	0,46	0,37	0,37	0,49	0,20
SO ₂	0,99	0,83	0,83	0,85	0,77	0,84	0,83	0,68	0,76	0,73
СО	1,23	1,14	0,87	1,57	1,09	0,77	0,90	1,02	1,11	1,33
NO ₂	1,21	0,97	1,09	1,08	1,06	1,03	1,03	0,90	0,86	0,97
фенол	1,04	1,18	1,02	1,09	0,99	1,04	1,03	1,13	1,07	1,05

Q	0-0,4	0,5-0,9	1,0-1,4	1,5-1,9	2,0-2,4	2,5-2,9	3-3,4	3,5-3,9
пил	0,31	0,65	0,95	1,10	1,80	1,95		
SO ₂	0,68	0,76	0,93	1,31	1,39	1,45	1,59	
СО	0,97	1,22	1,28	1,29	1,30	1,35	1,46	1,53
NO ₂	0,58	0,84	1,12	1,44	1,97	2,10		
фенол	0,88	0,94	1,11	1,31	1,42	1,50	1,58	

Літо

t03	5,0-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-25,0
фенол	1,00	0,95	1,08	1,25

d03	штиль	Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Пил	0,48	0,58	0,44	0,43	0,63	0,66	0,37	0,64	0,56
SO ₂	1,03	0,87	1,15	0,85	1,00	1,13	1,09	0,97	1,04
NO ₂	0,93	0,86	1,11	0,82	0,93	1,04	0,95	0,91	1,06

С	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
пил	0,51	0,65	0,61	0,60	0,47	0,68	0,76	0,52	0,54	0,32
SO ₂	1,08	1,07	0,88	1,03	0,97	0,90	0,96	0,93	0,90	1,08
NO ₂	0,88	1,01	0,96	0,99	0,94	1,00	1,09	0,89	0,90	0,90
фенол	1,01	0,96	1,02	1,03	1,01	1,10	1,04	0,92	0,93	0,98

Продовження таблиці 1

Q	0-0,4	0,5-0,9	1,0-1,4	1,5-1,9	2,0-2,4
пил	0,46	0,55	0,76	1,00	
SO ₂	0,85	0,94	1,07	1,25	1,39
NO ₂	0,64	0,83	1,07	1,20	
фенол	0,90	0,92	1,08	1,21	1,37

Таблиця 2

Параметри рівнянь регресії

Домішка	Перетворені предиктори								Вільний член
	t03	d03	v03	t15	d15	v15	C	Q	
Зима									
Пил		0,47	0,50				0,44	0,86	-0,76
SO ₂			0,62		0,69		0,63	0,85	-1,48
CO		0,22	0,47		0,53	0,48	0,34	0,87	-2,05
NO ₂		0,39			0,36	0,56	0,57	0,89	-1,86
Фенол	0,48			0,47	0,90	1,01	0,76	0,93	-3,69
Літо									
Пил		0,16			0,78	0,82	0,72	0,71	-1,26
SO ₂		0,69		0,90		0,84	0,93	0,76	-3,16
NO ₂		0,70			0,84		0,31	0,85	-1,62
Фенол	0,38			0,52	0,65	0,59	0,33	0,68	-2,16

При прогнозуванні забруднення необхідно, крім розрахункової схеми, керуватися деякими прогностичними ознаками. Для міста Луцька вони такі:

1. Якщо значення Q' у попередній до прогнозу день більше 1,2 і при цьому очікується підсилення стійкості нижнього шару атмосфери при слабкому вітрі, вірогідність високого забруднення повітря зростає (за рахунок низьких викидів).

2. Високе забруднення повітря може відмічатися при стаціонарному антициклоні або гребні; вночі та вранці при слабкій швидкості вітру і підвищеному значенні Q' , а також при слабкій швидкості вітру при наявності туману, коли місто знаходиться у теплому секторі циклону.

3. В умовах застою повітря (при наявності приземної інверсії, коли градієнт температури у граничному шарі від'ємний у сполученні зі штилем або слабкою швидкістю вітру) ймовірність високого забруднення зростає. Припідняті інверсії (з нижньою межею 200 м) при слабкій швидкості вітру також сприяють накопиченню домішок в атмосфері.

4. Випадіння опадів у вигляді дощу та снігу, як і великі швидкості вітру, сприяють посиленню природного самоочищення і, отже, зменшенню забруднення повітря.

Оцінка справджуваності прогнозів здійснюється у відповідності з групами забруднення повітря [2-4]. Градації цих груп наведені в табл. 3. При цьому встановлена величина допуску, у межах якого прогноз вважається справдженим. При прогнозі за рівняннями, які запропоновані, величина допуску кожної градації складає 0,2.

Таблиця 3

Оцінка справджуваності прогнозів

Групи забруднення	Ступінь забруднення повітря	Градації	Допустима градація, при якій прогноз вважається справджуваним
I	Високе	$\geq 1,4$	$\geq 1,2$
II	Помірне	0,7 - 1,3	0,5 - 1,5
III	Знижене	$< 0,7$	$< 0,9$

Якщо статистичний розподіл Q відрізняється від того, що надається у табл. 3, межі між групами можуть бути іншими. Головне полягає у тому, щоб зберігалось приблизне дотримання повторюваності: 10% для I групи, 40% для II та 50% для III групи.

Оцінка справджуваності прогнозів високого забруднення повітря проводиться тільки на стадії випробування методики. За період випробування методики необхідно оцінити кожний прогноз (100% або 0) з урахуванням допустимих градацій. Потім розраховується загальна справджуваність по групах у відсотках. Прогноз вважається справдженим чи несправдженим залежно від того, ввійдуть чи не ввійдуть прогностичні показники забруднення у вказані градації.

Для практики найбільш важливими показниками є загальна справджуваність і справджуваність прогнозів групи високого забруднення.

Для одержання більш повної характеристики успішності методу прогнозу використовують критерій надійності М.О.Багрова:

$$H^* = \frac{U - U_0}{1 - U_0}, \quad (4)$$

де U – загальна справджуваність прогнозів (в частках одиниці); U_0 – справджуваність випадкових прогнозів вказаних трьох груп, яка розраховується за формулою:

$$U_0 = f_1\pi_1 + f_2\pi_2 + f_3\pi_3 \quad (5)$$

де $f_{I,II,III}$ – повторюваність фактичних спостережень кожної групи забруднення повітря, з урахуванням допусків; $\pi_{I,II,III}$ – частота прогнозів кожної групи.

Сума частот прогнозів повинна дорівнювати 1, а сума частот фактичних спостережень завжди перевищує 1 за рахунок перекриття градацій з допусками.

Авторське випробування на незалежному матеріалі показало, що метод, який використовується для прогнозування повітря, має загальну справджуваність без допуску від 70 до 80%, справджуваність групи високого забруднення від 80 до 90%, критерій ефективності Багрова перевищує критичні значення (табл. 4).

Таблиця 4

Показники успішності прогнозу забруднення у м. Луцьк на незалежному матеріалі (без допуску)

Домішка	n/n_1	U	U_1	U_2	U_3	H^*	H_1	
Зима								
Пил $\geq 1,4$	63/10	0,82	1,00	0,75	0,92	0,77	1,00	
SO ₂ $\geq 1,4$	74/7	0,74	0,88	0,66	1,00	0,55	0,88	
CO $\geq 1,4$	64/11	0,80	0,85	0,77	0,96	0,62	0,84	
NO ₂ $\geq 1,2$	74/4	0,69	1,00	0,67	1,00	0,21	1,00	
Фенол $\geq 1,2$	73/11	0,71	0,79	0,68	0,80	0,49	0,78	
Літо								
Пил $\geq 1,4$	42/12	0,71	0,92	0,70	0,44	0,52	0,91	
SO ₂ $\geq 1,4$	53/5	0,81	1,00	0,74	1,00	0,63	1,00	
NO ₂ $\geq 1,2$	54/7	0,76	1,00	0,71	0,80	0,53	1,00	
Фенол $\geq 1,2$	53/8	0,79	0,89	0,77	1,00	0,77	0,88	

Примітка: n – загальна кількість випадків; n_1 – кількість випадків високого забруднення; U – загальна справджуваність; U_1 – справджуваність групи високого рівня забруднення.

Висновки

Аналіз авторських випробувань методики на незалежному матеріалі показав, що розроблена методика може бути використана в оперативній практиці після виробничих випробувань. Справджуваність групи високого рівня забруднення за окремими домішками складає біля 90%, критерій ефективності Багрова у більшості випадків перевищує 0,3, для високого рівня (H_1) забруднення має значення 0,8-1,0.

* *

Рассмотрены основные характеристики загрязнения воздуха в городе Луцк. Исследованы закономерности формирования высоких уровней загрязнения атмосферы вредными примесями (пыль, диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, фенол).

* *

1. Клімат Луцька. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 178 с.
2. Методические указания по проведению оперативных испытаний новых методов гидрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 100 с.
3. *Сонькин Л.Р.* Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 223 с.
4. Положение об испытании и внедрении новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелио-геофизических прогнозов и расчетов. – М.: Гидрометеоздат, 1989. – 11 с.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*