

УДК 551.570.04

**Є.М. Кіптенко, М.П. Баштанник, Т.В. Козленко,
Н.С. Жемера, Н.О. Трачук**

ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ЙОГО ПРОГНОЗУВАННЯ В ПРОМИСЛОВИХ МІСТАХ УКРАЇНИ (на прикладі м. Луганськ)

Досліджено загальні закономірності змін характеристик забруднення атмосферного повітря м. Луганськ. Отримано оцінки характеристик статистичної структури полів концентрацій забруднювальних домішок. Показано, що основні риси добового та річного ходу пов'язані з метеорологічними умовами. Проведено типізацію синоптичних ситуацій, які сприяють високому рівню забруднення атмосферного повітря. Розроблено рівняння множинної регресії для короткострокового прогнозу забруднення атмосферного повітря за окремими домішками.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, викиди, концентрації, забруднювальні речовини, прогноз забруднення.

Вступ

Розвиток цивілізації та інтенсифікація виробничої діяльності неминує супроводжується збільшенням об'ємів викидів забруднювальних речовин (ЗР) в атмосферу. Сучасні екологічні умови характеризуються масштабністю забруднення навколишнього середовища, підвищеним рівнем антропогенного навантаження. Із нарощуванням обсягів викидів природний механізм самоочищення атмосфери вже не в змозі забезпечити стабільність кругообігу шкідливих домішок, що призводить до глобальних змін в атмосфері. Змінюється склад атмосфери, її фізико-хімічні властивості, що впливає насамперед на стан ландшафтів, біоти та людини і викликає зміни клімату.

В умовах великих промислових міст рівень забруднення атмосферного повітря залежить не тільки від кількості промислових та транспортних викидів, але й від їх вертикального та горизонтального розсіювання, яке в основному визначається метеорологічними умовами. Оскільки повітряний басейн має найважливіше значення для життя людини, однією із реальних можливостей поліпшення стану атмосферного повітря вже найближчим часом є короткотермінове зниження викидів та концентрацій домішок у періоди несприятливих метеорологічних умов (НМУ) на основі їх короткострокового прогнозу.

Основними показниками забруднення атмосферного повітря є викиди забруднювальних

речовин та їх концентрація. Викиди шкідливих речовин в атмосферу залежать від обсягів виробництва підприємств найекологонебезпечніших галузей промисловості, стану житлово-комунального господарства в місті та інших чинників. Вагомий вплив має виконання природоохоронних заходів, оновлення зношеного устаткування, заміна застарілих технологій.

Основними забруднювачами повітряного басейну міст Луганської області є підприємства вуглевидобувної, енергетичної, металургійної галузей, викиди яких становлять понад 80 % (рис. 1).



Рис. 1. Викиди (тис. т) забруднювальних речовин в атмосферне повітря від основних галузей виробництва

Динаміку викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря області від стаціонарних та пересувних джерел наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Динаміка викидів (тис. т) забруднювальних речовин в атмосферне повітря в Луганській області

| Роки | Викиди в атмосферне повітря | | |
|------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Всього, тис. т | зокрема, тис. т (%) | |
| | | стаціонарними джерелами | пересувними джерелами |
| 2000 | 522,3 | 429 (82) | 93,3 (18) |
| 2005 | 593,6 | 474,7 (80) | 118,9 (20) |
| 2006 | 636,3 | 517,1 (81) | 119,2 (19) |
| 2007 | 632,4 | 542,7 (86) | 89,7 (14) |
| 2008 | 662,5 | 566,3 (86) | 96,2 (14) |
| 2009 | 592,3 | 506,6 (86) | 85,7 (14) |
| 2010 | 599,2 | 511,7 (86) | 87,5 (14) |
| 2011 | 553,5 | 472,1 (85) | 81,4 (15) |
| 2012 | 529,5 | 447,6 (85) | 81,9 (15) |

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в Луганську є такі підприємства: ВАТ холдингова компанія „Луганськ-тепловоз”, ЗАТ „Луганський ливарно-механічний завод”, ЗАТ „Луганські акумулятори”, ЗАТ „Луганський трубний завод”, Луганський машинобудівний завод ім. Пархоменка, ВАТ „Вуглеприбор”; ВАТ завод „Прогрес”, ЗАТ Луганська фірма „Лутрі”, ТОВ „Залізобетон”, а також автотранспорт.

Стаціонарним джерелам міста Луганська належить 20-25 % від загальних викидів забруднювальних речовин області (рис. 2).

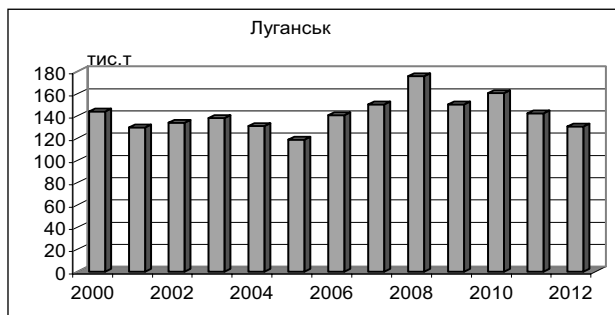


Рис. 2. Динаміка викидів (тис. т) забруднювальних речовин від стаціонарних джерел у м. Луганськ

У місті викиди від стаціонарних джерел забруднення становлять близько 80 % від загального обсягу викидів забруднювальних речовин, від автотранспорту – 20 %.

До переліку найпоширеніших забруднювальних речовин належать такі: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (завислі речовини), діоксид (SO_2) та інші сполуки сірки, діоксид (NO_2) та оксид азоту, оксид вуглецю (CO), динаміку яких наведено на рис. 3.

Моніторинг забруднення приземного шару повітря Луганська проводиться на чотирьох пунктах спостережень (рис. 4).

Відомо, що для отримання репрезентативних даних умісту забруднювальних домішок в атмосферному повітрі на рівнині достатньо однієї стан-

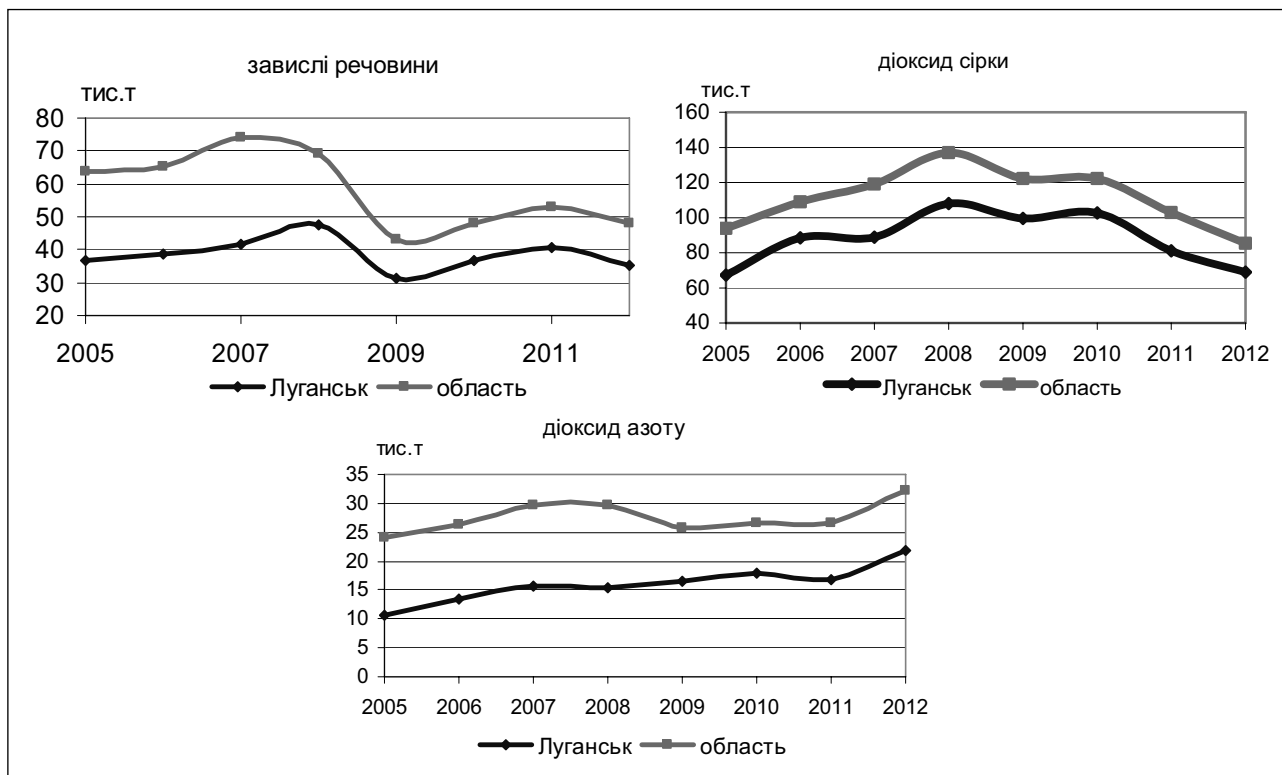


Рис. 3. Динаміка викидів (тис. т) забруднювальних речовин стаціонарними джерелами в атмосферне повітря м. Луганська та області

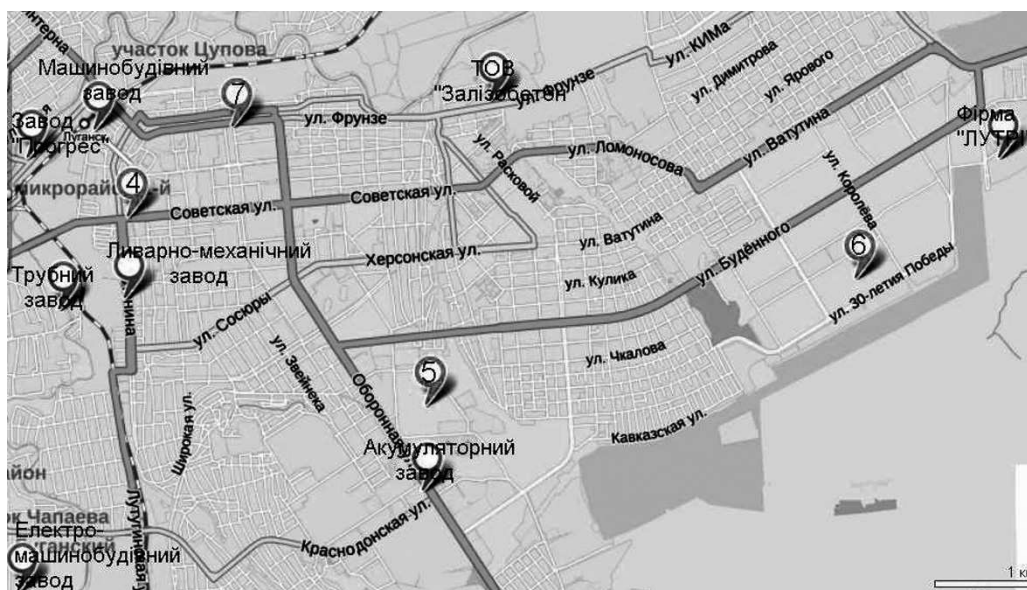


Рис. 4. Картохема розташування стаціонарних постів спостережень за забрудненням атмосферного повітря та основних джерел викидів ЗР

ції на 10-20 км² [1]. Кількість постів спостережень у містах не завжди відповідає цим вимогам. Нерівномірне розташування постів спостережень у місті, відсутність спостережень в окремих районах міста істотно впливає на статистичний аналіз характеру забруднення атмосферного повітря. Цей висновок стосується й Луганська.

Таблиця 2

Середня концентрація \bar{q} (мг/м³),
середнє квадратичне відхилення σ , коефіцієнт
варіації ν шкідливих домішок (2009-2012 рр.)

| Домішка | \bar{q} | σ | ν |
|------------------|-----------|----------|-------|
| Завислі речовини | 0,0722 | 0,054 | 0,78 |
| SO ₂ | 0,0079 | 0,011 | 1,56 |
| CO | 1,7018 | 0,589 | 0,38 |
| NO ₂ | 0,0344 | 0,031 | 0,94 |
| Формальдегід | 0,0094 | 0,008 | 0,94 |

За даними постів спостережень рівень забруднення атмосферного повітря характеризується нестабільністю, що пов'язано з нерегулярною роботою підприємств.

Серед промислових міст Донецько-Придніпровського району рівень забруднення атмосферного повітря Луганська значно нижчий, особливо діоксидом сірки. Уміст формальдегіду, як і в переважній більшості міст України, значно перевищує ГДКсд. (табл. 2).

Багаторічний хід приземних концентрацій ЗР на території міста відзначається різною тенденцією зміни. У періоди зменшення промислових викидів концентрації домішок адекватно зменшувались,

та останніми роками (після 2006 р.) намітилась тенденція до їх збільшення (рис. 5).

На території міста підвищений фон забруднення атмосферного повітря сформувався (рис. 6) у північно-західній частині міста (1-й мікрорайон), у зоні впливу підприємств ВАТ заводу „Прогрес”, машинобудівного ім. Пархоменка, ливарно-механічного заводів та Луганськ-тепловозного (у районі розташування пункту спостереження № 4, вул. Радянська, 35).

Оцінка варіації вмісту домішок у повітрі міста показала, що річні концентрації діоксиду сірки, оксиду вуглецю та формальдегіду однорідніше та ізотропно розподілені по території міста. Синхронність змінювання концентрацій із високою тісністю зв'язку (коефіцієнти кореляції становлять 0,8-0,9) указує на те, що середнє поле концентрацій міста формується під впливом єдиних джерел забруднення.

Важлива роль у формуванні певного рівня забруднення атмосферного повітря належить метеорологічним величинам.

Забруднення атмосферного повітря під впливом метеорологічних умов може змінюватись одночасно по всій території міста. Воно характеризується узагальненими (інтегральними) показниками Q і P .

Показники забруднення атмосферного повітря (параметри Q і P) є відносними характеристиками, які розраховано за матеріалами фактичних спостережень. У зв'язку з цим для аналізу можна використовувати значення вищезгаданих параметрів за кілька років, попри те, що про-

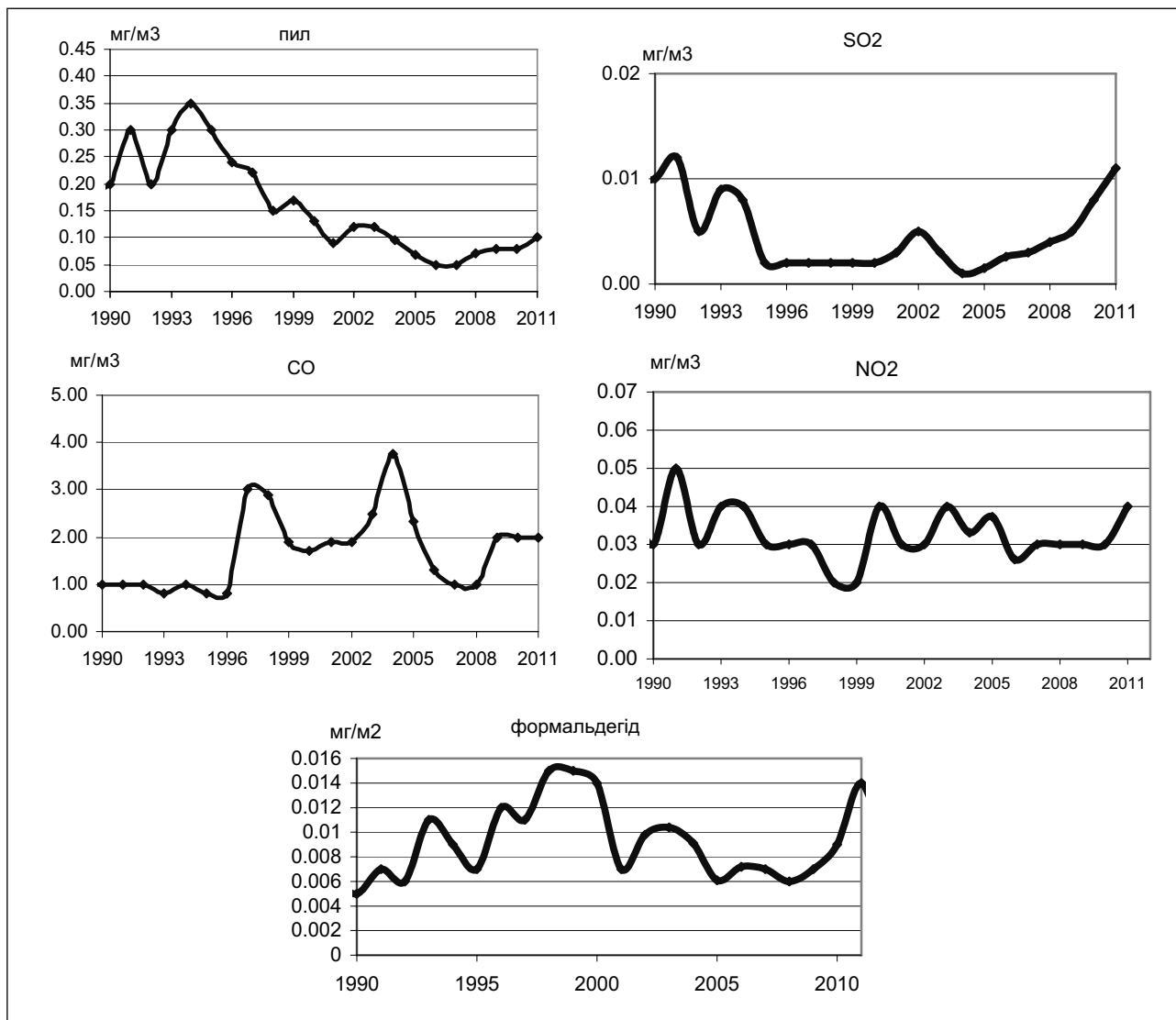


Рис. 5. Динаміка концентрації (мг/м³) забруднювальних речовин у м. Луганськ

тягом цих років спостерігались зміни сумарної кількості викидів та рівня концентрацій.

Щодо зниження викидів за несприятливих метеорологічних умов сформовано три групи рівнів забруднення атмосферного повітря. Згідно з [2, 3] групи забруднення визначають за табл. 3.

Таблиця 3
Групи рівнів забруднення атмосфери

| Номер групи | Градації параметрів | | Характеристика рівнів забруднення | Середня повторюваність, % |
|-------------|---------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------|
| | Q | P | | |
| I | ≥ 1,4 | > 0,35 | відносно високе | 10 |
| II | 0,8–1,3 | 0,21–0,35 | підвищене | 40 |
| III | ≤ 0,7 | ≤ 0,20 | низьке | 50 |

Градації потрібно уточнювати в кожному конкретному місті окремо. Якщо статистичний розподіл параметрів Q і P відрізняється від того,

що подано в табл. 3, межі між групами можуть бути іншими.

Аналіз сукупності даних складання прогностичних схем (2002–2004, 2010–2011 рр.) про забруднення Луганська для зими й літа засвідчує, що майже за всіма домішками повторюваність відносно високого забруднення ($Q \geq 1,4$) значно перевищує 10 % від загальної кількості спостережень (табл. 4).

Найважливішою є 1 група (порівняно високого) рівня забруднення атмосферного повітря.

Прогностичний розрахунок рівнів забруднення базується на використанні методу множинної регресії з урахуванням не лінійності зв'язків шляхом відповідного перетворення предикторів [2, 3]. Одним із важливих етапів побудови прогностичних статистичних моделей є формування складу предикторів. Як показав аналіз фізичних процесів, які обумовлюють розсіювання домішок

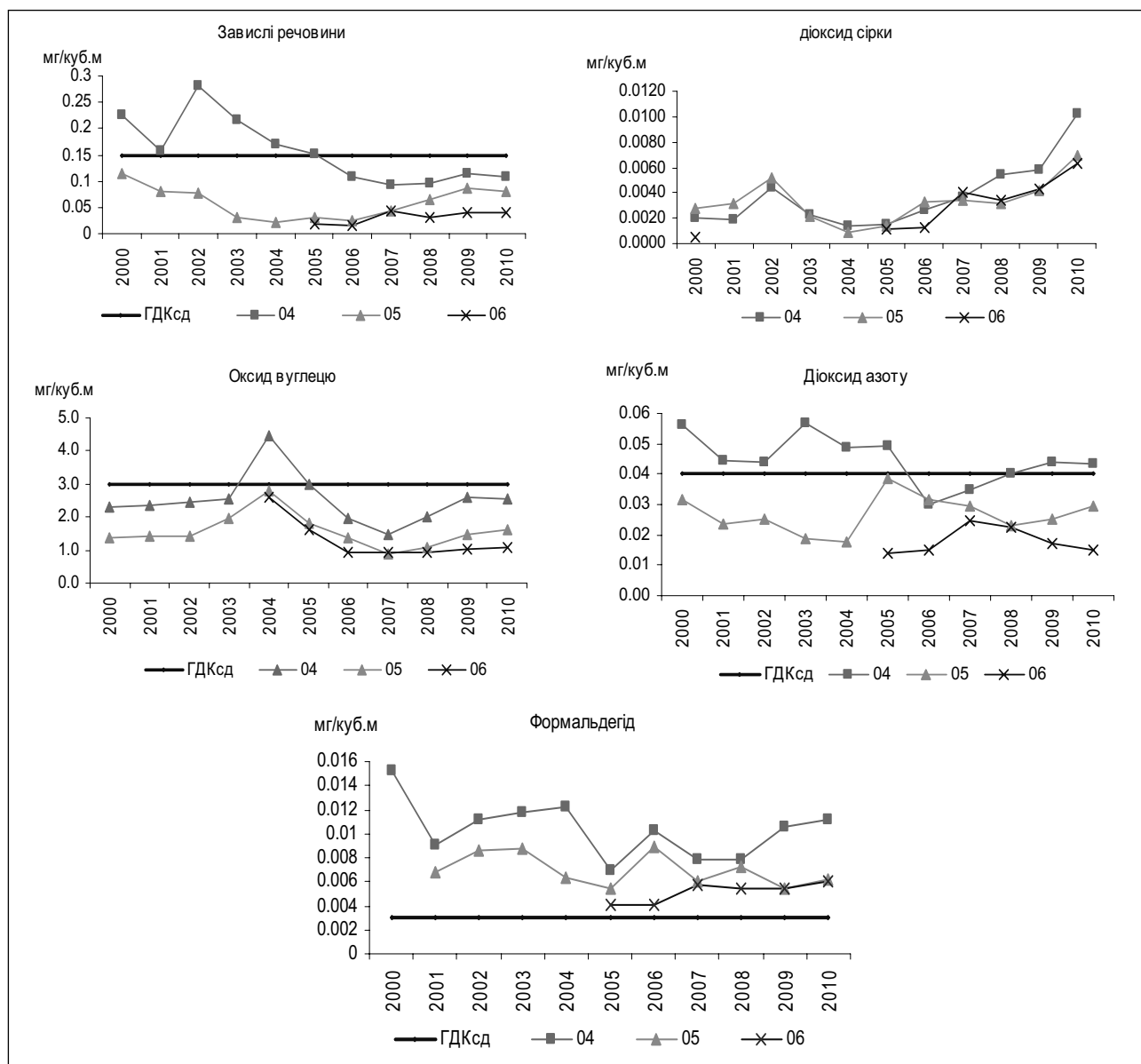


Рис. 6. Динаміка річних концентрацій (мг/м³) основних та деяких специфічних забруднювальних речовин на мережі пунктів спостережень у м. Луганськ

Таблиця 4
Повторюваність (%) шкідливих домішок за групами

| Домішка | Градації параметра Q | | |
|------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| | III (низьке) | II (підвищене) | I (відносно високе) |
| Завислі речовини | Q ≤ 0,8 (47%) | Q 0,9 - 1,2 (39%) | Q ≥ 1,3 (14%) |
| SO ₂ | Q ≤ 0,7 (48%) | Q 0,8 - 1,7 (38%) | Q ≥ 1,8 (14%) |
| CO | Q ≤ 0,9 (48%) | Q 1,0 - 1,3 (44%) | Q ≥ 1,4 (8%) |
| NO ₂ | Q ≤ 0,7 (49%) | Q 0,8 - 1,5 (39%) | Q ≥ 1,6 (12%) |
| Формальдегід | Q ≤ 0,7 (50%) | Q 0,8 - 1,6 (38%) | Q ≥ 1,7 (12%) |

у граничному шарі атмосфери, основними предикторами необхідно розглядати характеристики термодинамічного стану атмосфери, які визначаються шляхом метеорологічних спостережень та радіозондування приземного шару атмосфери.

Із багатьох можливих предикторів необхідно відібрати статистично значущі й такі, що прогнозуються та доступні в оперативній практиці.

У перелік предикторів увійшли:

1. Температура повітря, t °С.
2. Напрямок вітру, d градус.
3. Швидкість вітру, v .
4. Різниця температури між суміжними днями, Δt₀₃.
5. Тип синоптичного процесу, С.

6. Поточне забруднення атмосферного повітря Q' (концентрація домішок у попередній до прогнозу день). Використано дані метеорологічних спостережень о 03 і 15 год.

Предиктантами є нормовані (Q) концентрації завислих речовин, діоксиду сірки (SO₂), оксиду вуглецю (CO), діоксиду азоту (NO₂) та формальдегіду, які розраховано за 3-4 строками спостережень.

Вплив метеорологічних умов на забруднення атмосферного повітря має складний характер. Це пояснюється тим, що в місті одночасно функціонують високі та низькі джерела, які викидають газові суміші з різною температурою та умовами розповсюдження в атмосфері. Роль метеорологічних умов полягає в тому, що вони сприяють накопиченню або розсіюванню забруднювальних домішок в атмосферному повітрі.

Основні метеорологічні величини, які найбільше впливають на забруднення атмосферного повітря, такі: вітер (швидкість та напрям), тем-

пература повітря, синоптична ситуація, а також опади, тумани тощо. Режим вітру є головним чинником, від якого залежить характер розповсюдження концентрацій забруднювальних домішок. У місті середня швидкість вітру становить 2,0-3,8 м/с.

За останні 13 років (2000-2012 рр.) відмічено зменшення повторюваності швидкості вітру 0-1 м/с (рис. 7). За слабого вітру, коли турбулентний обмін понижений, від високих та середніх джерел у приземний шар атмосфери забруднювальні домішки практично не надходять.

Під час викидів низьких джерел найбільше забруднення атмосферного повітря зафіксовано за швидкості вітру 0-1 м/с. Повторюваність такої швидкості вітру в середньому становить узимку до 27 %, улітку до 44 %. В окремі роки спостерігаються значні відхилення від середніх значень. Найменшу повторюваність (8 %) останніми роками відмічено в грудні 2012 р., найбільшу – (60 %) у травні 2011 р. (табл. 5).

Зі збільшенням швидкості вітру та підси-

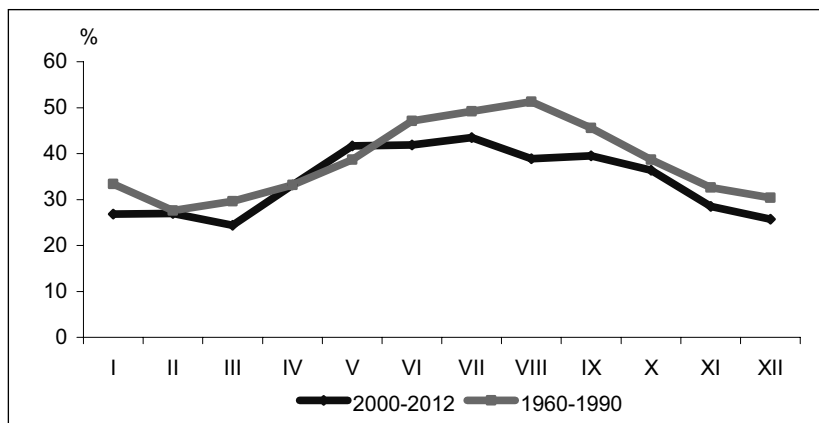


Рис. 7. Повторюваність (%) швидкості вітру 0-1 м/с (2000-2012 рр.) порівняно з багаторічним періодом (1960-1990 рр.)

Таблиця 5

Повторюваність (%) швидкості вітру 0-1 м/с в м. Луганськ

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Рік |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 2000 | 27 | 22 | 18 | 32 | 42 | 38 | 47 | 37 | 40 | 45 | 13 | 27 | 32 |
| 2001 | 27 | 18 | 19 | 38 | 39 | 28 | 42 | 47 | 28 | 32 | 20 | 42 | 32 |
| 2002 | 27 | 20 | 27 | 30 | 44 | 45 | 44 | 52 | 45 | 34 | 25 | 19 | 34 |
| 2003 | 26 | 30 | 29 | 23 | 39 | 38 | 47 | 47 | 30 | 47 | 27 | 37 | 35 |
| 2004 | 16 | 19 | 32 | 32 | 40 | 47 | 45 | 34 | 50 | 42 | 35 | 23 | 35 |
| 2005 | 22 | 21 | 14 | 37 | 27 | 33 | 39 | 24 | 45 | 27 | 37 | 26 | 29 |
| 2006 | 34 | 20 | 21 | 37 | 39 | 45 | 48 | 42 | 42 | 50 | 28 | 34 | 37 |
| 2007 | 21 | 27 | 43 | 42 | 31 | 50 | 35 | 34 | 40 | 31 | 23 | 21 | 33 |
| 2008 | 35 | 28 | 21 | 33 | 44 | 52 | 40 | 42 | 33 | 35 | 32 | 23 | 35 |
| 2009 | 37 | 29 | 32 | 35 | 53 | 40 | 42 | 42 | 33 | 34 | 28 | 16 | 35 |
| 2010 | 13 | 11 | 11 | 27 | 52 | 37 | 42 | 26 | 37 | 29 | 40 | 34 | 30 |
| 2011 | 35 | 22 | 34 | 27 | 60 | 47 | 52 | 48 | 43 | 40 | 32 | 24 | 44 |
| 2012 | 29 | 22 | 16 | 38 | 32 | 45 | 42 | 31 | 47 | 27 | 30 | 8 | 31 |

ленням турбулентного обміну концентрації забруднювальних домішок у приземному шарі атмосфери від високих джерел викидів зростають. Максимум – за так званої ”небезпечної швидкості вітру” [2, 3], яка дорівнює 4-5 м/с. Повторюваність швидкості вітру за досліджуваний період представлено на рис. 8.

Тенденції змін Q за різних швидкостей вітру свідчать про те, що підвищене забруднення атмосферного повітря спостерігається в разі штилю та слабких швидкостей вітру (табл. 6).

Таблиця 6

Середні значення Q за різних швидкостей вітру влітку

| | | | |
|-----------------|-------|---------|---------|
| v03 | штиль | 0,0-2,0 | 2,0-4,0 |
| CO | 1,04 | 0,98 | 0,91 |
| NO ₂ | 1,01 | 0,97 | 1,21 |
| формальд. | 1,02 | 1,03 | 0,83 |

| | | | | | |
|-----------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| v15 | штиль | 0,0-2,0 | 2,0-4,0 | 4,0-6,0 | 6,0-8,0 |
| CO | 0,97 | 1,02 | 0,98 | 0,87 | 0,60 |
| NO ₂ | 1,30 | 1,12 | 0,83 | 0,92 | 0,70 |
| формальд. | 0,73 | 1,07 | 0,95 | 0,96 | 0,00 |

Необхідно відмітити, що в Луганську зафіксовано незначну повторюваність великих швидкостей вітру.

На забруднення повітря також впливає напрям вітру. Повторюваність напрямку вітру представлено на рис. 9.

Значне забруднення влітку оксидом вуглецю відмічається під час вітрів північно-східного (d₀₃)

та південного (d₁₅) напрямів, діоксидом азоту – північно-східного (d₀₃) та південно-східного (d₁₅), формальдегідом – північно-західного (d₀₃) та північного (d₁₅) напрямів.

Поряд із процесами перенесення та розсіювання домішок від джерел забруднення повітря існують інші чинники, що зумовлюють рівень концентрації домішок в атмосфері міста. Одним із них є термічний стан повітряної маси, що характеризується температурою повітря. Температурний режим атмосфери поряд з іншими величинами, визначає інтенсивність вертикального підйому димових газів і, отже, інтенсивність ”розбавлення” забрудненого повітря [2-4]. Від температури повітря також залежить характер роботи окремих підприємств, витрати палива та електроенергії, що, насамперед, впливають на валові викиди окремих виробництв (ТЕЦ, котельні тощо).

Узимку частіше відбувається зростання рівня забруднення повітря під час зниження температури. Це, насамперед, характерно для антициклонічної погоди в разі адвекції тепла на холодну підстильну поверхню.

Підвищення концентрацій деяких домішок, особливо діоксиду азоту, зі зниженням температури повітря пояснюється інтенсивнішою роботою ТЕЦ, міських котельень і збільшенням витрат палива.

Із погодними умовами за останні роки пов’язано суттєве зростання вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі у весняно-літній

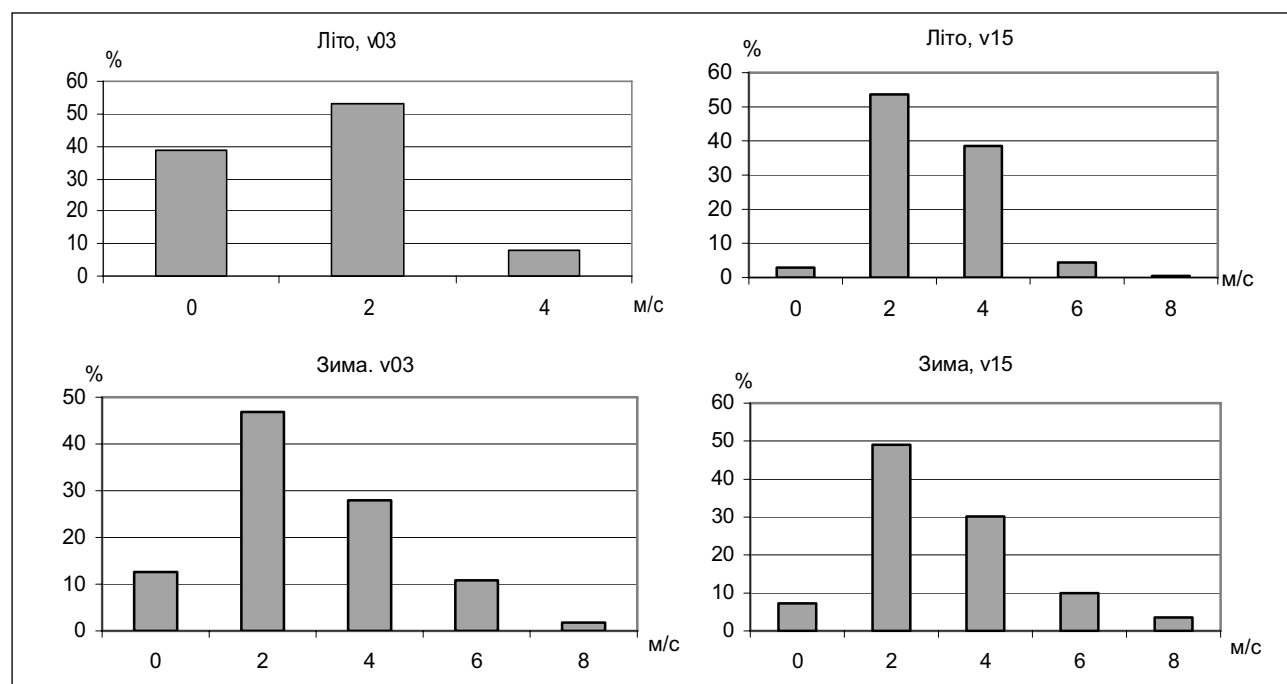


Рис. 8. Повторюваність (%) різної швидкості вітру

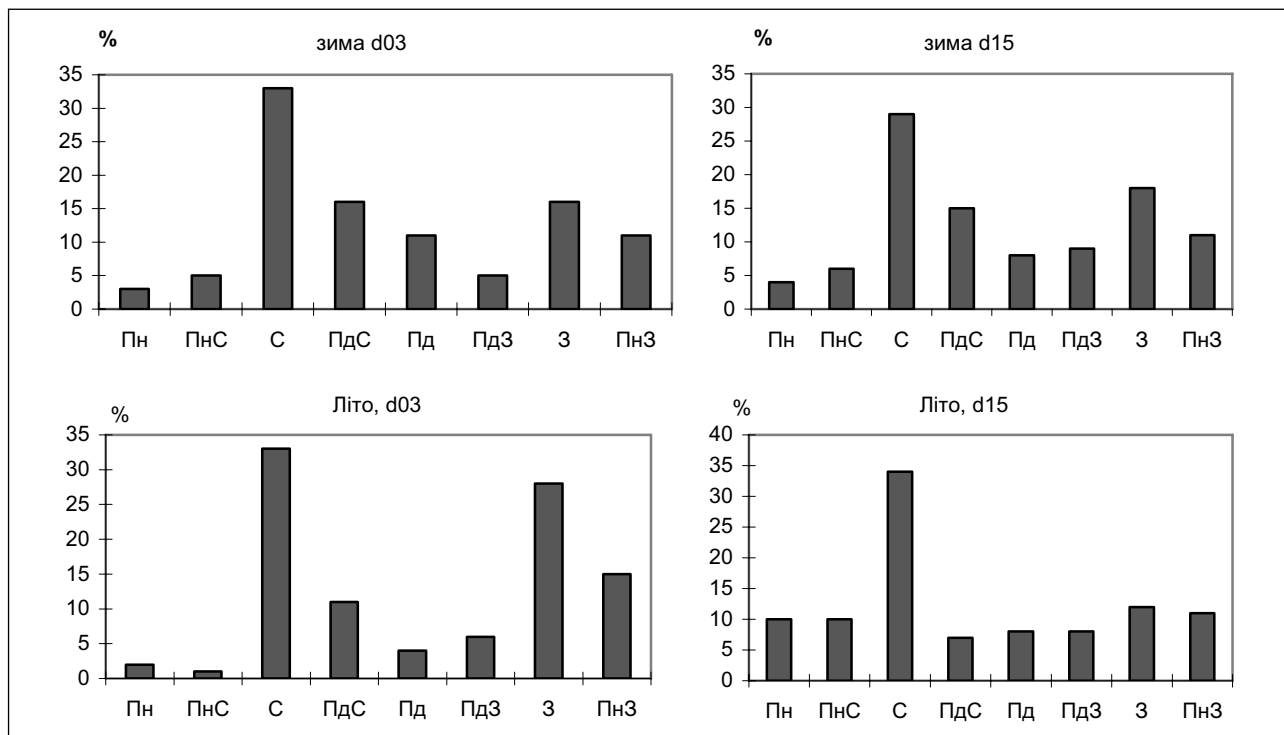


Рис. 9. Повторюваність (%) напрямку вітру (2002-2004, 2010-2011 рр.)

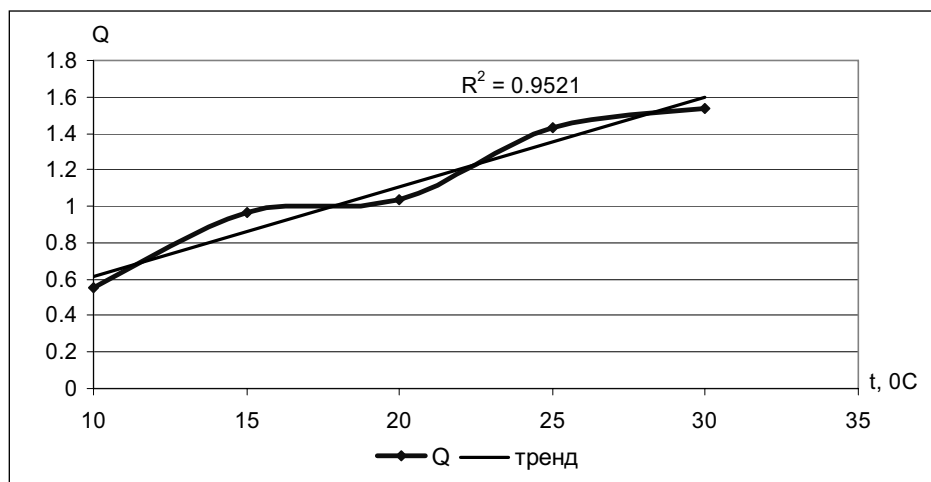


Рис. 10. Залежність концентрацій формальдегіду від температури повітря літку 2007 р.

сезон. Наприклад, у 2007 р. досить тривалий період спостерігалася суха, жарка погода. У травні, червні відмічалися дні з температурою повітря 25 °С і вище, а в липні – 30 °С і вище. Відповідно спостерігались високі значення формальдегіду в ці дні (рис. 10).

Висока температура повітря в поєднанні з сонячною радіацією сприяють фотохімічним реакціям, а застої повітря призводять до збільшення концентрації формальдегіду. Крім промислових викидів, формальдегід утворюється в повітрі як вторинна домішка внаслідок фотохімічної реакції між вуглеводнями та окислами азоту.

Найважливішу роль у ході прогнозу забруднення атмосферного повітря часто відіграє синоптична ситуація, особливо періоди з високим рівнем забруднення.

Синоптична ситуація визначається в загальному виді складним комплексом метеорологічних характеристик і відображає багатогранність процесів, які відбуваються в атмосфері [2-5]. Тому ми класифікували синоптичні умови за ступенями забруднення атмосферного повітря окремо для зими та літа (табл. 7).

Таблиця 7

Типи синоптичної ситуації

| Індекс | Синоптична ситуація | Р |
|--------|---|------|
| зима | | |
| 1 | Передня частина улоговини, ТС з умовами туману, ожеледиця | 0,27 |
| 2 | С, ПдС, ПнС, ПнЗ, Пн периферія антициклону | 0,26 |
| 3 | Пд, ПдЗ, З периферія антициклону, центр антициклону, поле підвищеного тиску | 0,24 |
| 4 | Фронт оклюзії | 0,23 |
| 5 | Сідловина | 0,22 |
| 6 | Поле зниженого тиску | 0,19 |
| 7 | ХФ, ТФ, теплий сектор з опадами | 0,18 |
| 8 | Тил циклону, повторний ХФ | 0,17 |
| літо | | |
| 1 | ПнС, С, ПдС, Пд периферія антициклону | 0,34 |
| 2 | Пн, ПнЗ, З, ПдЗ периферія антициклону | 0,30 |
| 3 | ТС (адвекція тепла з півдня) | 0,28 |
| 4 | Обширний антициклон, сідловина | 0,27 |
| 5 | Поле підвищеного тиску | 0,22 |
| 6 | Поле зниженого тиску | 0,21 |
| 7 | Улоговина, ТФ, фронт оклюзії | 0,15 |
| 8 | Тил циклону, ХФ | 0,14 |

У Луганську відмічається переважання антициклонального баричного поля. У 50 % випадків спостерігаються синоптичні ситуації, які пов'язані з впливом антициклонів. Це значною мірою сприяє накопиченню домішок в атмосферному повітрі.

Повторюваність типів синоптичних ситуацій відображено на рис. 11.

Найбільша повторюваність випадків високого забруднення атмосфери спостерігається в малорухомих антициклонах і гребенях за вітрів перемінних напрямів. Наприклад, значення па-

раметра Р дорівнюють узимку 0,27, 0,26, 0,24 (синоптична ситуація 1, 2, 3 відповідно), улітку – 0,34, 0,30, 0,28 (синоптична ситуація 1, 2, 3 відповідно) – табл. 7.

Вплив синоптичних процесів на забруднення атмосферного повітря подано в табл. 8.

Таблиця 8

Середні значення Q за різних синоптичних ситуацій

улітку

| С | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| СО | 1,03 | 0,93 | 1,03 | 1,03 | 0,96 | 1,03 | 0,78 | 0,97 |
| NO ₂ | 0,93 | 0,97 | 1,20 | 0,80 | 1,18 | 1,01 | 1,90 | 0,83 |
| сірково-день | 1,90 | 1,06 | 0,99 | 1,16 | 0,95 | 1,11 | 1,32 | 0,67 |
| Формальд. | 1,12 | 1,05 | 1,17 | 0,98 | 0,98 | 1,29 | 0,68 | 0,87 |

узимку

| С | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| СО | 1,10 | 1,16 | 0,98 | 1,00 | 0,95 | 1,03 | 0,90 | 0,97 |
| NO ₂ | 0,95 | 0,98 | 0,96 | 1,07 | 1,06 | 1,23 | 1,04 | 1,16 |
| сірково-день | 1,00 | 0,94 | 0,99 | 1,60 | 1,10 | 1,10 | 0,95 | 0,93 |
| Формальд. | 0,96 | 0,93 | 0,92 | 1,43 | 1,09 | 1,44 | 0,96 | 1,28 |

Антициклональний характер баричного поля створює особливо несприятливі поєднання слабкого вітру, стійкої стратифікації та відсутності опадів. Така ситуація застою повітря дає можливість формувати високий рівень забруднення атмосферного повітря.

Несприятливі умови для розсіювання домішок утворюються приземними або низько розташованими піднесеними інверсіями температури. У містах східної України понад 50 % випадків високого забруднення обумовлено наявністю таких інверсій.

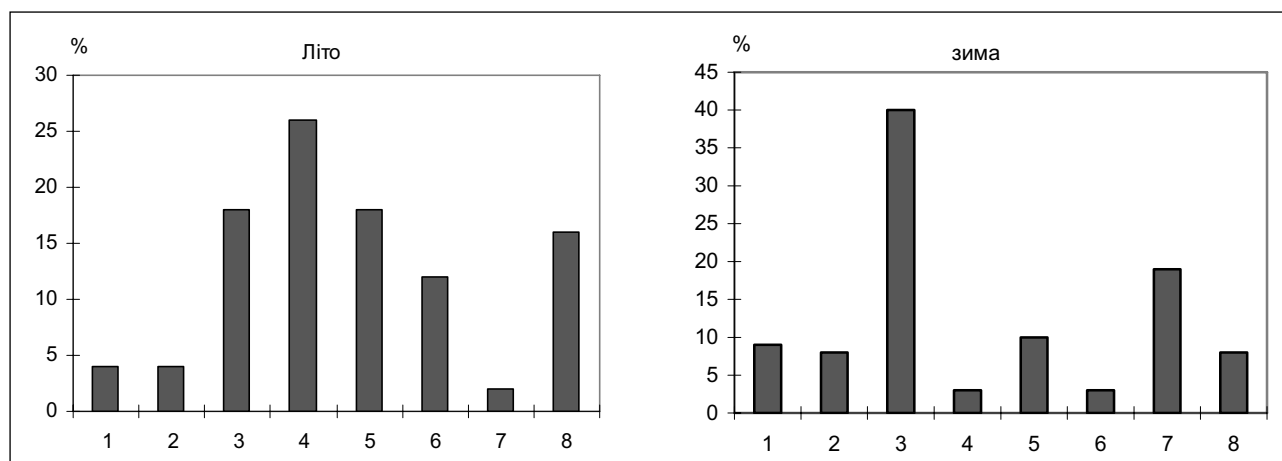


Рис. 11. Повторюваність (%) типів синоптичних ситуацій у м. Луганськ

Процес очищення атмосферного повітря опадами визначається їх кількістю, тривалістю, інтенсивністю та фазовою структурою. Середня річна кількість опадів у Луганську становить 474 мм, середня їх тривалість від 24 (серпень) до 160 (грудень) год. Протягом року опади розподіляються нерівномірно. У холодний період їх випадає 179 мм, у теплий – 295 мм. У деяких працях [2, 3] відмічено, що зазвичай упродовж декількох годин після припинення опадів рідко відмічаються підвищені концентрації забруднювальних речовин (табл. 9).

Таблиця 9
Залежність параметрів Q і P від опадів. Пил.
1999 рік

| Місяць | Дні з опадами | | Дні без опадів | |
|---------|---------------|------|----------------|------|
| | Q | P | Q | P |
| Грудень | 0,375 | 0 | 2,250 | 0,25 |
| | 0,562 | 0 | 2,438 | 0,5 |
| | 0,750 | 0 | 1,250 | 0,25 |
| | 0,375 | 0 | 1,500 | 0,5 |
| | 0,188 | 0 | 1,688 | 0,25 |
| Місяць | Дні з опадами | | Дні без опадів | |
| Червень | Q | P | Q | P |
| | 0,54 | 0 | 1,71 | 0,67 |
| | 0,93 | 0,33 | 1,71 | 0,50 |
| | 1,16 | 0,17 | 1,21 | 0,33 |
| | 1,01 | 0 | 1,87 | 0,50 |
| | 0,54 | 0 | 1,71 | 0,50 |
| | 0,69 | 0 | 1,48 | 0,33 |

У ході зростання інтенсивності опадів зростає ступінь очищення повітря. За різними дослідженнями зливові опади очищують атмосферне повітря сильніше, ніж облогові. Наприклад, з 16 по 22.08.2011 р. в Луганську спостерігались сильні опади, значення нормованих концентрацій діоксиду азоту становили $Q = 0,61, 0,48, 0,21,$

$0,41, 0,18, 0,33, P = 0,07, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00$ відповідно. У дні з опадами також відмічено найменші значення пилу ($Q = 0,54, P = 0,00$), фтористого водню ($Q = 0,4, P = 0,0$), формальдегіду ($Q = 0,13, P = 0,00$).

Оксид вуглецю майже не вимивається атмосферними опадами і не вступає в хімічні реакції з іншими домішками. Його вміст регулюється, головним чином, умовами переносу та розсіювання. Тому в містах, які розташовані в котловинах (особливо з високим метеорологічним потенціалом забруднення атмосферного повітря), спостерігається найвищий уміст оксиду вуглецю [1-3].

Акумуляція забруднювальних домішок в атмосфері, яка спостерігається за слабких вітрів та інверсій, посилюється туманами, які сприяють підвищенню забруднення атмосферного повітря, погіршенню його санітарно-гігієнічних норм. За багаторічними даними (1960-1990 рр.) у Луганську найбільшу кількість днів із туманом відмічено в холодний період року – 12,5, найменшу – у теплий (4,3).

Найбільшу тривалість (60,4 год) туманів зафіксовано в холодний період, найменшу – у теплий (15,1 год) – рис. 12. В окремі роки бувають випадки, коли впродовж року туманів не відмічено (2012 р.).

Тенденції зміни Q у разі різних метеорологічних величин носять складний і неоднозначний характер. Одні і ті ж метеорологічні величини впливають по-різному залежно від періоду року, доби та характеру домішок.

Характер і ступінь кореляційних зв'язків між дослідженими параметрами різні. Коефіцієнти кореляції між предиктором і предиктантами незначні, хоча здебільшого статистично значущі. Множинний коефіцієнт кореляції становить

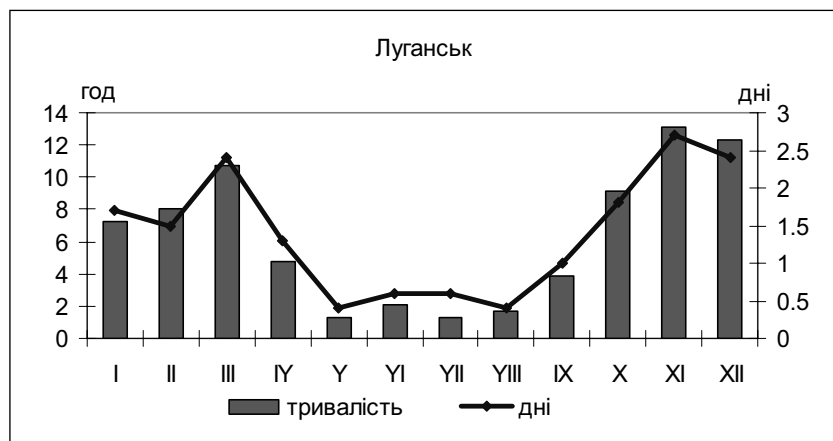


Рис. 12. Кількість днів із туманом та їхня тривалість (1960-1990 рр.)

0,60-0,70, що свідчить про цілеспрямованість урахування комплексу метеорологічних величин для прогнозу забруднення.

Для деяких домішок розроблено прогностичні схеми короткострокового прогнозу рівнів забруднення атмосферного повітря. У табл. 10 наведено параметри оптимальних рівнянь регресії.

Під час дослідження отриманих рівнянь необхідно відмітити, що всі коефіцієнти регресії перетворених предикторів позитивні. Чітко проявляється вплив інерційного чинника (Q') для всіх домішок.

У ході прогнозування забруднення атмосферного повітря, крім розрахункових схем, необхідно користуватися деякими прогностичними ознаками.

Для м. Луганськ вони такі:

1. Якщо значення Q' у попередній до прогнозу день більш як 1,4 і при цьому очікується посилення стійкості нижнього шару атмосфери за слабкого вітру, то вірогідність високого

забруднення повітря зростає (завдяки низьким викидам).

2. Високе забруднення повітря може відмічатися в разі стаціонарного антициклону або гребня; уночі та вранці за слабкої швидкості вітру й підвищеного значення Q' , а також за слабкої швидкості вітру в разі наявності туману, коли місто розташовується в теплому секторі циклону.

3. В умовах застою повітря (за наявності приземної інверсії, коли градієнт температури в граничному шарі від'ємний у сполученні зі штилем або слабкою швидкістю вітру) ймовірність високого забруднення зростає. Піднесені інверсії (із нижньою межею 300 м) за слабкої 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.

Під час виконання роботи використано дані ЦГО, статуправління та Мінекології.

Таблиця 10

Параметри рівнянь регресії

| Домішка | Перетворені предиктори | | | | | | Вільний член | |
|-----------------|------------------------|------|------|------|------|------|--------------|-------|
| | t03 | d03 | t15 | d15 | v15 | C | | Q' |
| літо | | | | | | | | |
| CO | | 0,79 | 0,58 | 0,68 | | 0,56 | 0,81 | -2,41 |
| NO ₂ | | | 0,60 | 0,61 | 0,54 | 0,61 | 0,84 | -2,21 |
| формальдегід | | | | 0,80 | | 0,60 | 0,87 | -1,28 |
| зима | | | | | | | | |
| CO | 0,60 | 0,58 | 0,65 | 0,57 | | 0,80 | 0,81 | -2,97 |
| NO ₂ | | | 0,32 | 0,64 | | | 0,93 | -0,91 |
| формальдегід | 0,46 | | | 0,52 | | 0,46 | 0,88 | -1,32 |

* *

1. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 199 с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 272 с.
3. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 223 с.
4. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В. Прогнозування рівнів

високого забруднення атмосферного повітря в містах України // Тр. УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250. – С. 288-297.

5. Кіптенко Є.М., Козленко Т.В. Вплив метеорологічних умов на забруднення повітря у промислових містах України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. – Т. 13. – 2007. – С. 208-215.

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, Київ

Е.Н. Киптенко, М.П. Баштанник, Т.В. Козленко, Н.С. Жемера, Н.О. Трачук

Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха и его прогнозирование в промышленных городах Украины (на примере г. Луганск)

Исследованы общие закономерности изменений характеристик загрязнения атмосферного воздуха г. Луганск. Получена оценка характеристик статистической структуры полей концентраций загрязняющих примесей. Показано, что основные черты суточного и годового хода связаны с метеорологическими условиями. Проведена типизация синоптических ситуаций, которые способствуют высокому уровню загрязнения атмосферного воздуха. Разработаны уравнения множественной регрессии краткосрочного прогноза загрязнения атмосферного воздуха для отдельных примесей.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, выбросы, концентрации, загрязняющие вещества, прогноз загрязнения.

E. Kiptenko, M. Bashtannik, T. Kozlenko, N. Zhemera, N. Trachuk

Air pollution assessment and its prediction in the industrial cities of Ukraine (for example, Lugansk)

The general patterns of air pollution characteristics changes in the Lugansk city, which are caused by significant industrial potential, physiographic and meteorological conditions were studied. An estimation of the statistical characteristics of the field structure concentrations of contaminants was obtained. It is shown that the main features of the diurnal and annual variation associated with meteorological conditions. The synoptic situations that contribute to high levels of air pollution were classified. The multiple regression equations of short-term air pollution forecasting for individual impurities were developed.

Keywords: air pollution, emissions, concentrations, contaminants, pollution forecast.