

ВПЛИВ НАПРЯМКУ ТА ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА КИЄВА

В статті досліджується вплив напрямку та швидкості вітру на концентрації основних забруднюючих домішок в атмосферному повітрі міста Києва

Ключові слова: *атмосферне повітря, повторюваність забруднення, швидкість вітру, напрямок вітру*

Вступ. Рівень забруднення атмосферного повітря великих міст формується під впливом цілої низки чинників. Серед яких найважливішими є обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, характеристики джерел надходження домішок, ландшафтні особливості території та метеорологічні умови. З впливом останніх пов'язано розсіювання, вимивання та перетворення шкідливих речовин в атмосферному повітрі, а також значна мінливість їх концентрацій у просторі та часі. Характеристики вітрового режиму (напрямок та швидкість) належать до метеорологічних чинників, що найбільше впливають на концентрації забруднюючих домішок в приземному шарі атмосфери.

Матеріали і методи дослідження. Для вирішення поставлених нами завдань були використані дані Центральної геофізичної обсерваторії Державної гідрометеорологічної служби про вміст в атмосферному повітрі основних забруднюючих домішок та характеристики вітру на п'яти постах спостереження за забрудненням (ПСЗ) за 2005 рік. Нами були обрані пости, що розташовані в різних частинах міста і характеризуються різним ступенем забруднення повітря: ПСЗ № 1 (вул.Стражеска на перетині з бульваром Івана Лепсе, Борщагівка); ПСЗ № 2 (вул.Довженка, поблизу ст.м. Шулявська); ПСЗ № 3 (вул.Попудренка, неподалік від ст.м. Чернігівська); ПСЗ № 5 (проспект Науки, 37), ПСЗ № 20 (Московська площа).

На основі аналізу цілого ряду робіт нами було виділено основні механізми впливу вітру на формування рівнів забруднення атмосферного повітря великих міст. Подальші дослідження ґрунтувалися на розрахунку повторюваності підвищеного рівня забруднення повітря при різних швидкостях вітру (для виявлення небезпечної швидкості вітру для м.Києва) та при різних його напрямках (з метою встановлення напрямку, що спричинює підвищення концентрацій забруднюючих домішок в повітрі міста). В якості показника рівня забруднення атмосферного повітря міста, нами був використаний параметр Q . Його розрахунки проводилися згідно Методичних вказівок по прогнозуванню забруднення повітря в містах з урахуванням метеорологічних умов [3] шляхом нормування строкових спостережень на середню концентрацію домішки за сезон (по кожному посту спостережень). У випадку, коли отримане значення параметра Q було більшим одиниці, то це свідчило про підвищений рівень забруднення повітря в місті, коли $Q < 1$ – рівень забруднення знижений.

Результати дослідження та їх аналіз. Вплив напрямку вітру на вміст домішок в повітрі великих міст найкраще простежується, коли джерела викидів шкідливих речовин сконцентровані в межах однієї або кількох промислових зон, розташованих за містом. В Києві значна частина забруднюючих речовин надходить у повітря від пересувних джерел, які розосереджені по всьому місту, підприємства також не утворюють єдиного промислового району, тому, очевидно, виявлення небезпечних напрямків вітру для міста буде непростим завданням. Вплив напрямку вітру на забруднення міського повітря визначається не лише розташуванням джерел викидів, а

також рельєфом і місцевою циркуляцією. Варто відзначити, що міські вулиці зі щільною висотною забудовою являють собою певного роду каньйон, потрапляючи в який повітря змінює напрямок і починає рухатися вздовж нього. Наявність вулиць-каньйонів, водойм та складного рельєфу спричинює зміни швидкості і напрямку вітру, а також стає причиною утворення місцевих циркуляцій.

Результати розрахунків повторюваності випадків підвищеного рівня забруднення для восьми основних напрямків вітру представлені в табл. 1.

Таблиця 1 - Повторюваність випадків $Q>1$ для різних напрямків вітру

	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
ПСЗ №1								
ПИЛ	75.0%	81.0%	90.4%	82.0%	100.0%	80.0%	87.9%	82.9%
SO ₂	55.2%	47.6%	52.4%	61.1%	44.4%	64.0%	64.1%	61.3%
CO	65.5%	23.8%	36.5%	38.9%	33.3%	40.0%	25.6%	29.3%
NO ₂	55.2%	57.1%	55.6%	53.7%	38.9%	60.0%	53.9%	55.7%
ПСЗ №2								
ПИЛ	88.9%	92.3%	93.0%	94.1%	93.2%	91.5%	89.4%	83.0%
SO ₂	68.2%	46.7%	50.0%	58.8%	61.1%	54.6%	46.4%	52.9%
CO	45.5%	46.7%	51.4%	51.8%	49.5%	53.8%	50.0%	45.7%
NO ₂	72.7%	53.3%	61.4%	48.2%	48.4%	55.5%	46.4%	52.9%
ПСЗ №3								
ПИЛ	66.2%	78.8%	75.6%	71.4%	82.5%	77.4%	86.7%	77.4%
CO	44.6%	37.8%	52.1%	34.3%	38.0%	46.0%	41.9%	38.3%
NO ₂	45.8%	37.8%	47.9%	50.8%	54.0%	43.9%	32.3%	48.2%
ПСЗ №5								
ПИЛ	86.1%	82.5%	71.4%	91.1%	78.3%	78.6%	79.5%	81.5%
SO ₂	56.5%	46.6%	48.0%	41.3%	55.7%	47.3%	39.6%	33.1%
CO	71.2%	78.5%	69.6%	56.5%	75.4%	70.2%	60.2%	72.2%
NO ₂	33.0%	30.5%	36.0%	43.8%	41.4%	38.7%	35.2%	35.8%
ПСЗ №20								
ПИЛ	20.0%	27.1%	26.8%	24.6%	18.6%	14.0%	19.8%	20.5%
SO ₂	46.2%	46.4%	50.7%	58.7%	48.7%	50.9%	61.5%	61.0%
CO	38.5%	41.1%	36.2%	42.9%	39.2%	39.1%	35.4%	38.0%
NO ₂	61.5%	42.9%	52.2%	44.4%	39.2%	52.7%	47.9%	55.0%

Проаналізувавши рози вітрів (рис.1), що відображають повторюваність випадків $Q>1$ для різних напрямків вітру, ми дійшли до висновку, що для міста Києва не простежується залежність підвищених рівнів забруднення від якогось одного чи двох напрямків. Л.Р.Сонькін [6] також зазначає, що у великих містах, де численні джерела викидів порівняно рівномірно розташовані по території, зв'язки між концентраціями домішок на окремих ПСЗ і напрямком вітру зазвичай виражені слабо. Добре розвинута місцева циркуляція також сприяє порушенню зв'язку між напрямком вітру та забрудненням повітря. М.Є.Берлянд [2] зазначає, що джерела, розміщені по всій території міста при будь-яких напрямках перенесення повітряних мас сприяють створенню загального забруднення повітря над всією їх територією. Це очевидно, пов'язано з тим, що тривала дія великої кількості джерел в різних частинах міста

призводить до створення фонові концентрації домішки, що мало змінюється по всьому місту [5].

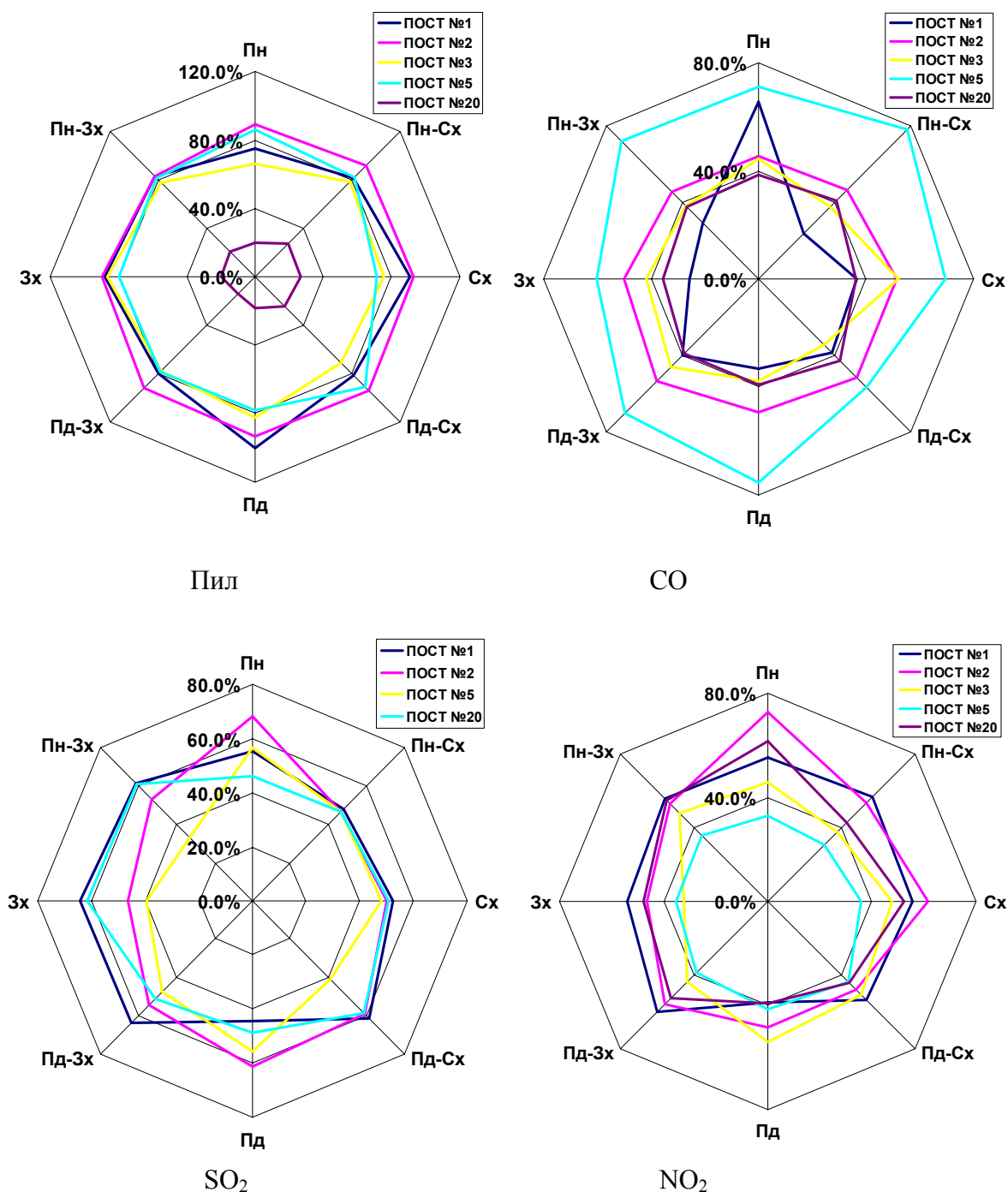


Рис. 1 – Рози вітрів, що відображають повторюваність випадків $Q > 1$ за різних напрямків вітру для основних забруднюючих домішок.

Характер зв'язку між забрудненням атмосфери в місті і швидкістю вітру в значній мірі відповідає закономірностям, що встановлені для джерел різного типу. Вплив даного фактору на концентрацію домішок в міському повітрі проявляється неоднозначно. З одного боку, посилення вітру сприяє розсіянню домішок в атмосфері

(посилення вітру, як біля землі, так і на більш високих рівнях визначає винесення всієї маси забруднення повітря за межі міста і очищення повітряного басейну). Поряд з цим, посилення вітру сприяє перемішуванню шарів повітря, в результаті якого забруднюючі домішки, що надійшли від високих джерел опускаються в нижні шари повітря і відбувається зростання їх концентрацій біля земної поверхні.

Слабкий вітер чи штиль сприяють збільшенню підйому перегрітих викидів, що призводять до зниження концентрацій шкідливих домішок в приземному шарі повітря. Це явище добре простежується на прикладі окремих підприємств, проте, не завжди спостерігається в місті, де одночасно здійснюють викиди велика кількість джерел забруднення. Частіше відмічається негативний вплив штилю та низької швидкості вітру на якість атмосферного повітря великого міста. Про це в своїх роботах згадують Л.Р.Сонькін [5], Е.Ю.Безуглая [1], И.Н. Пономаренко та ін. [4]. Встановлено, що при малих швидкостях вітру 0–1 м/с, спостерігаються підвищені концентрації домішок в атмосферному повітрі, якщо домішки надходять від низьких холодних джерел (найчастіше у великих містах – це автомобільний транспорт).

Для виявлення небезпечних швидкостей вітру для міста Києва нами була проаналізована повторюваність випадків $Q>1$ основними забруднюючими домішками для різних швидкостей вітру (штиль, 1 м/с, 2–3 м/с, 4–5 м/с, більше 6 м/с) на п'яти ПСЗ міста (табл.2). Варто відразу зазначити, що на ПСЗ № 2 (вул.Довженка, поблизу ст.м.Шулявська) та ПСЗ № 3 (вул.Попудренка, неподалік від ст.м.Чернігівська) протягом досліджуваного періоду (2005 р.) не були зафіксовані швидкості вітру 6 м/с і більше.

Таблиця 2 - Повторюваність випадків $Q>1$ (у %) для різних швидкостей вітру для основних забруднюючих домішок

Шв. вітру м/с	0	1	2-3	4-5	Більше 6
ПІЛ					
ПСЗ 1	85.7%	85.1%	85.0%	65.5%	60.0%
ПСЗ 2	100.0%	90.1%	92.1%	100.0%	
ПСЗ 3	62.2%	71.4%	79.9%	76.9%	
ПСЗ 5	81.0%	83.5%	81.3%	77.5%	85.7%
ПСЗ 20	16.7%	21.5%	19.3%	23.3%	30.0%
SO₂					
ПСЗ 1	46.9%	53.2%	62.6%	62.5%	50.0%
ПСЗ 2	16.7%	51.4%	60.2%	58.3%	
ПСЗ 5	36.4%	46.3%	49.4%	44.9%	77.8%
ПСЗ 20	40.9%	52.4%	55.2%	53.6%	75.0%
CO					
ПСЗ 1	44.9%	34.7%	34.2%	40.0%	16.7%
ПСЗ 2	54.2%	53.9%	47.4%	41.7%	
ПСЗ 3	55.7%	42.8%	41.6%	42.1%	
ПСЗ 5	81.1%	70.6%	70.6%	60.5%	88.9%
ПСЗ 20	59.1%	42.9%	33.7%	39.3%	58.3%
NO₂					
ПСЗ 1	55.7%	52.6%	60.4%	45.0%	50.0%
ПСЗ 2	54.2%	54.2%	52.6%	33.3%	
ПСЗ 3	40.0%	42.0%	49.8%	36.8%	
ПСЗ 5	39.8%	37.0%	32.1%	41.3%	27.8%
ПСЗ 20	31.8%	45.5%	50.2%	50.0%	75.0%

Результати наших досліджень не дали змоги виявити чітку залежність між швидкістю вітру та концентраціями пилу в атмосферному повітрі міста. Для ПСЗ № 1 найбільша запиленість повітря спостерігається при штилевій та швидкостях 1 м/с та 2–3 м/с. Для ПСЗ № 2 висока повторюваність підвищеного вмісту пилу в повітрі при вітрі зі швидкістю 4–5 м/с та штилевій. Небезпечна швидкість для пилу на посту № 3 становить 2–3 м/с, а для постів № 5 та № 20 – більше 6 м/с. Відсутність чіткого зв'язку між концентраціями пилу в повітрі міста та швидкістю вітру, очевидно пов'язана з різноманітністю джерел надходження даної домішки в атмосферне повітря (автотранспорт, будівельні майданчики міста, різноманітні галузі промисловості).

Зростання концентрацій двоокису сірки в атмосферному повітрі міста найчастіше відбувається при підвищених швидкостях вітру. На ПСЗ № 5 та № 20 найбільша повторюваність випадків $Q > 1$ характерна для швидкостей вітру понад 6 м/с. На ПСЗ № 5, наприклад, при такій швидкості вітру майже у 78 % випадків концентрації даної домішки вищі від середньосезонних, в той час, як при штилевій лише 36,4 %. На ПСЗ № 1 та № 2 підвищені концентрації двоокису сірки спостерігаються при швидкості вітру 2–3 м/с (повторюваність випадків $Q > 1$ становить 62,6 % та 60,2 % – відповідно). Підвищення концентрацій двоокису сірки при посиленні вітру пояснюється переважним надходженням цієї забруднюючої домішки від високих джерел забруднення – промислових підприємств міста (78 % двоокису сірки надійшло в повітря міста від спалювання різних видів палива стаціонарними джерелами забруднення [7]).

Підвищені концентрації оксиду вуглецю формуються в місті в періоди штилю та низьких швидкостей вітру. На ПСЗ № 1, № 2, № 3 та № 20 найбільша повторюваність підвищених концентрацій даної домішки в повітрі спостерігалася при штилевій і становила 44,9 %, 54,2 %, 55,7 % та 59,1 % – відповідно. З усіх досліджуваних постів, лише на ПСЗ № 5, 88,9 % випадків з концентраціями оксиду вуглецю вище середньосезонного спостерігалися при швидкостях вітру більше 6 м/с. В 2006 р. 96,8 % від усієї емісії оксиду вуглецю в повітря міста припадало на автотранспорт (низькі холодні джерела), тому закономірно, що при штилевій забруднюючі домішки не виносилися з приземного шару повітря і відбувалося формування підвищених рівнів забруднення даною домішкою. Висока повторюваність випадків $Q > 1$ на ПСЗ № 5 при швидкості вітру понад 6 м/с, може бути пов'язана з тим, що даний пост розташований у зеленій зоні, на певній відстані від дороги, тому для нього можуть бути не властиві закономірності, що проявляються для інших частин міста.

На ПСЗ № 1 та № 3 найбільша повторюваність випадків підвищених концентрацій двоокису азоту була зафіксована при швидкостях вітру 2–3 м/с, на ПСЗ № 2 – при штилевій та швидкості 1 м/с, на ПСЗ № 5 – при 4–5 м/с, на ПСЗ № 20 – при швидкостях вище 6 м/с. Таким чином, для двоокису азоту нам не вдалося виявити швидкість вітру, що спряла б підвищеним рівням забруднення атмосферного повітря міста даною домішкою. Надходження даної домішки в атмосферу міста, пов'язано як з автомобільним транспортом (57 %), так і з роботою промислових підприємств (43 %) [7]. Велика різноманітність джерел надходження двоокису азоту, очевидно, і є причиною неможливості встановлення чітких зв'язків між повторюваністю випадків підвищених концентрацій даної домішки та певними швидкостями вітру.

Висновки. Таким чином, нами було встановлено, що чіткий зв'язок між напрямком вітру та концентраціями основних домішок в атмосфері Києва не простежується. Відсутність такої залежності є наслідком великої кількості джерел забруднення, розташованих по всій території міста. Небезпечні швидкості вітру для основних домішок в значній мірі залежать від джерел їх надходження в атмосферне повітря. Саме тому єдиною небезпечною швидкістю вітру, що спричинювала б високі

рівні забруднення усіма основними домішками для міста не існує. Концентрації двоокису сірки в атмосферному повітрі підвищуються зі зростанням швидкості вітру. Вміст оксиду вуглецю в повітрі зростає при штилевій та швидкості 1 м/с. Для пилу та двоокису азоту чіткий зв'язок між швидкістю вітру та концентраціями даної домішки в повітрі не простежується.

Список літератури

1. *Безуглая Э.Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.
2. *Берлянд М.Е.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
3. Методические указания по прогнозированию загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий. РД 52.04.78-86, М. 1986. – 60 с.
4. *Пономаренко И.Н., Огановская Д.К., Глуценко З.И., Гавриленко Л.И., Сидоренко Л.И.* О метеорологической обусловленности загрязнения воздуха // Труды УкрНИГМИ. 1979. – Вып.176. – С.83-95.
5. *Л.Р.Сонькин.* Некоторые результаты синоптико-климатологического анализа загрязнения воздуха в городах // Труды ГГО. 1968. – Вып.207. – С.56–64.
6. *Сонькин Л.Р.* Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат., 1991. – 428 с.
7. Статистичний щорічник міста Києва за 2006 рік. – К.: Консультант, 2007 – 344 с.

Влияние направления и скорости ветра на уровень загрязнения атмосферного воздуха города Киева. Шевченко О.Г., Снежко С.И.

В статье рассматривается влияние направления и скорости ветра на концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Киева.

Ключевые слова: атмосферный воздух, повторяемость загрязнений, атмосферное повітря, скорость ветра, направление ветра.

The influence of wind direction and wind speed on the atmosphere pollution level in Kiev city.

Olga Shevchenko, Snizhko Sergiy

There are analyzed the influence of wind direction and wind speed on concentrations main pollutant in atmosphere Kiev city.

Keywords: atmospheric air, contamination, speed and direction of wind.