

наборов собственно спектральных данных при повторяющихся измерениях.

**Выводы.** Таким образом, становится очевидным, что одним из основных вопросов на современном уровне стационарных и полигонных исследований является вопрос разработки и создания БД, позволяющих системно организовать и представить в до-

ступной форме для проведения анализа данные, полученные при измерениях в процессе проведения полевых натурных исследований.

**Рецензент – кандидат геологических наук,  
доцент И.В. Удалов**

### Литература:

1. Физические основы, методы и средства исследований Земли из космоса / Под. ред. Я.Л. Зимана // Итоги науки и техники. Сер. Исследование Земли из космоса. - М.: ВИНТИ, 1987. – Т. 1. – 196 с.
2. Егоров В.В. Анализ информативности поляриметрического метода дистанционного зондирования / В.В. Егоров, В.С. Жуков // Многозональные аэрокосмические съемки Земли. – М.: Наука, 1981. – С. 203-210.
3. Малышев В.Б. Возможности оценки состояния агросистем по данным спектральной и спектрополяризационной съемки / В.Б. Малышев, В.А. Зайцева, П.В. Комар и др. // Геосистемный мониторинг. Структура и функционирование геосистем: Сб. – М.: ИГ АН СССР, 1986. – С. 233-241.
4. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Е.Л. Кринов. – М.-Л.: АН СССР, 1947. – 274 с.

УДК 551.510

**В.В. Машкіна**

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна



## ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МЕЖАХ ВЕЛИКОГО МІСТА

У статті проведено аналіз факторів, які впливають на забруднення атмосферного повітря у великих містах. Особливу увагу приділено метеорологічним факторам. Розглянуто визначення поняття «забруднення атмосферного повітря» та охарактеризовано статистичний метод прогнозу забруднення атмосферного повітря.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, велике місто, статистичний метод.

В.В. Машкіна

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ БОЛЬШОГО ГОРОДА

В статье проведён анализ факторов, которые влияют на загрязнение атмосферного воздуха в больших городах. Особенное внимание уделено метеорологическим факторам. Рассмотрено определение понятия «загрязнение атмосферного воздуха» и охарактеризован статистический метод прогноза загрязнения атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, большой город, статистический метод.

V. Mashkina

### THEORETICAL ASPECTS OF AIR POLLUTION ASSESSMENT WITHIN A BIG CITY

The paper analyzes the factors which influence on air pollution in big cities. Special attention is paid to the meteorological factors. The definition of «air pollution» concept has been examined and a statistical method of air pollution forecast has been characterized.

**Keywords:** air pollution, a big city, statistical method.

**Вступ.** Сучасне місто як екосистема розглядається в якості сукупності підсистем єдиного територіального цілого: ландшафтно-архітектурного і соціально-економічного. Екологічний стан природного середовища великих міст, як правило, наближається до критичного. Ураховуючи те, що мешканці міст складають понад 70 % населення держави, наслідком погіршення екологічного стану міст стало різке зростання рівня захворювань населення. Дослідження стану приземного шару атмосфери у містах України свідчать, що за умов скорочення обсягів виробництва вміст шкідливих речовин в атмосферному повітрі залишається досить високим. На сьогодні сумарний рівень забруднення повітря у великих та середніх містах України у 2–4 рази перевищує гранично допустимий, тому необхідним є постійний моніторинг концентрацій забруднюючих речовин.

**Вихідні передумови.** Місто створює свій місцевий клімат, а на окремих його вулицях і площах формуються своєрідні мікрокліматичні умови, які спричинені забудовою, покриттям, розподілом зелених насаджень.

Питання екологічного вивчення техногенної дії міст на навколишнє середовище розробляли Т.О. Акімова та В.В. Хаскін (екологічна техноємність, допустиме техногенне навантаження); функціональне зонування і районування території досліджували В.В. Владимиров, К.М. Дьяконов. Еколого-географічний прогноз розробляли М.І. Будико, Т.В. Звонкова та С.М. Мягков; математико-картографічне моделювання проводила група вчених на чолі з О.М. Берлянтом [8]. Співробітниками УкрНДГМІ аналізувався вплив інверсій на формування високих рівнів забруднення окремих міст України [9]. Але за цей час відбулися суттєві зміни в розвитку міст і науки в цілому, тому необхідно надалі використовувати сучасні методики дослідження для визначення забрудненості атмосферного повітря великих міст.

**Метою** даної статті є аналіз теоретичних аспектів оцінки забруднення атмосферного повітря в межах великого міста (на прикладі міста Харкова).

**Виклад основного матеріалу.** Розглядаючи аспекти забруднення атмосферного повітря, необхідно звернути увагу на метеорологічні показники, які в межах міста мають свої особливості. Ураховуючи, що атмосферне повітря завжди містить певну кількість домішок, котрі мають природне й антропогенне походження, рівень забруднення приземних шарів атмосфери змінюється у часі та просторі. Ступінь забруднення пов'язаний із розташуванням, характером, потужністю джерел забруднення, режимом їх діяльності та метеорологічними умовами, які можуть призводити до вимивання, розсіювання або накопичення домішок в атмосферному повітрі. Забудова міських вулиць і площ призводить до зміни напрямку вітру. У загальному аналізі швидкість вітру в місті менша, ніж на околицях, але на вузь-

ких вулицях вона збільшується. Як наслідок, на вулицях і перехрестях виникають пилові вихори. При стійкій стратифікації атмосфери, особливо при інверсіях температури, дим може накопичуватися у приземному шарі атмосфери в такій кількості, що має шкідливу фізіологічну дію. Накопиченню забруднюючих речовин також сприяє рельєф місцевості. Отже, серед метеорологічних умов великого міста особливе місце займає вітровий режим і температурна стратифікація атмосфери – найсуттєвіші фактори впливу на якість атмосферного повітря.

Розглядаючи саме поняття «забруднення атмосферного повітря», можна визначити таке трактування:

Забруднення атмосферного повітря – змінення складу і властивостей атмосферного повітря в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів та/або хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини і стан навколишнього природного середовища [1].

Окремо можна виділити визначення, що характеризує джерело викиду забруднюючих речовин – об'єкт (підприємство, цех, агрегат, установка), з якого надходять в атмосферне повітря забруднююча речовина або суміші таких речовин [4]. Потрапляючи у навколишнє середовище, забруднюючі речовини поширюються на великі відстані разом із повітряними потоками. Таким чином, проблема трансформації параметрів навколишнього середовища, особливо стану атмосферного повітря, під впливом об'єктів соціально-економічного розвитку міста є важливою. Основними джерелами забруднення прилеглого шару повітря у місті є транспортні засоби, енергетичні системи міста, важка промисловість. Формування рівня забруднення атмосферного повітря залежить від кількох факторів: кількісного та якісного складу промислових викидів, їх періодичності, умов виходу газоповітряної суміші з джерела викиду.

Рівень небезпеки забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств визначається значеннями концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери з урахуванням фонові концентрації. Для цього проводиться відбір проб повітря через аспірацію відповідного об'єму атмосферного повітря через поглинаючий прилад, який заповнений рідким або твердим сорбентом для вловлювання речовин, або через аерозольний фільтр, який затримує частинки, що містяться у повітрі. Речовина, що визначається із великого об'єму повітря, концентрується в невеликому об'ємі сорбенту або на фільтрі. Такі умови відбору проб, як витрата повітря і тривалість його аспірації крізь поглинаючий пристрій, тип поглинаючого пристрою або фільтра, установлюються залежно від речовини, що визначається.

Оскільки на концентрацію шкідливих речовин у повітрі впливають також і погодні умови, то одночасно з проведенням відбору проб безперервно ви-

значають: швидкість і напрямок вітру, атмосферний тиск, температуру та вологість повітря. Оскільки газове середовище дуже рухливе, то треба враховувати, що безпосереднє місце викиду має значно менше значення, ніж при водних забрудненнях; повітряні викиди відносно швидко знижують свою концентрацію, і тому в умовах відкритої атмосфери досить важко створити настільки високі концентрації забруднюючих речовин, аби вони істотно вплинули на життєдіяльність. Основою розрахункового методу прогнозу забруднення атмосферного повітря у містах фенолом, двоокисом азоту та пилом є концепція залежності забруднення повітря від промислових викидів та метеорологічних умов. Але основний параметр формули для розрахунку ступеня забруднення повітря домішками є середня по вмісту концентрація у повітрі порівняно із середньосезонною величиною. Крім цього, при розрахунках використовуються такі фактори, як температура повітря у приземному шарі, різниця температур між рівнями землі і 500 м, напрямок та швидкість вітру на висоті флюгера, тип синоптичного процесу.

За останній час в українських містах у повітрі значно збільшився вміст викидів оксидів вуглецю, різноманітних вуглеводнів, оксидів азоту та сажі. Але найбільшу небезпеку, крім оксидів азоту, становлять сірчані різноманітні сполуки та свинцеві гази, вміст яких щодня стрімко зростає.

Статистичний метод прогнозу забруднення повітря дає реальну можливість короткотермінового зниження викидів у періоди несприятливих метеорологічних умов і, таким чином, не перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи якості повітря у цей період. Сьогодні розроблено і здійснюється оперативне короткотермінове (із завчасністю 24-36 годин) прогнозування рівнів забруднення повітря для десяти найбільших міст України, які мають значне антропо-

генне навантаження. Прогнозуються рівні основних забруднюючих речовин — пилу, діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю і специфічних (фенолу, аміаку, сірководню) — залежно від характеру промисловості. Вміст саме цих речовин у більшості випадків перевищує ГДК [7]. Розвиток методів прогнозу забруднення повітря ґрунтується на результатах теоретичного й експериментального вивчення закономірностей розповсюдження домішок від їх джерел.

На основі статистичного методу будують статистичні моделі, де вивчається поширення забруднень через стохастичні рівняння, які дозволяють встановити співвідношення між показниками якості повітря і даними метеорології, між оцінками концентрацій і значеннями параметрів, які дійсно вимірювалися при аналогічних обставинах [5]. Дані методи потребують великого обсягу вихідної інформації. Отже, чим довший ряд (3-5 років), тим імовірніше, що виключаються впливи окремих погодних факторів або випадкових викидів, виявляються основні закономірності забруднення повітря, які характерні для даної території.

Харківський регіональний центр з метеорології проводить постійні спостереження за забрудненням атмосферного повітря міста на 10 стаціонарних постах. У зв'язку з тим, що протягом останніх років значна кількість підприємств Харкова працює не на повну потужність, основним джерелом забруднення атмосферного повітря стає автотранспорт.

За даними Головного управління статистики у Харківській області [6] була побудована діаграма, яка свідчить про помітне зменшення рівня забруднення атмосферного повітря від стаціонарних і пересувних джерел забруднення (рис. 1).

Спостереження за вмістом оксиду вуглецю в атмосфері міста проводиться на всіх 10 пунктах. Динаміка забруднення викидами оксиду вугле-

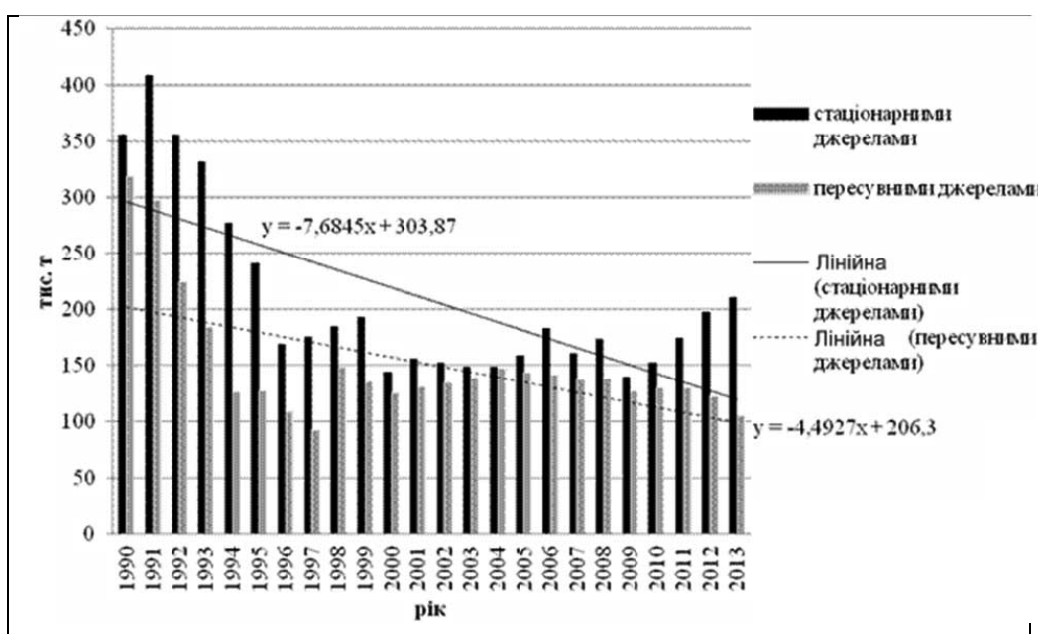


Рис. 1. Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в м. Харків за 1990-2013 роки

цю в атмосферне повітря Харкова не має тенденції до зниження (рис.2).

Високі рівні забруднення атмосферного повітря CO в місті залежать, в основному, від пересування міського транспорту, що супроводжується підвищеним рівнем вторинного здійснення пилу в приземному шарі атмосфери.

Аналізуючи зміни середньорічної температури повітря у м. Харкові, можна встановити наявність тенденції до збільшення температури повітря за останні 10-15 років на 0,5-1,0°C (рис.3). Порівнявши хід середньорічних температур з динамікою викидів CO, можна побачити, що в окремі роки (2006, 2011) при зниженні температури повітря спостерігається збільшення вмісту CO в атмосферному повітрі міста.

Дана робота має на меті розрахунок забруднення атмосфери основними забруднювачами – оксидом вуглецю, різноманітними вуглеводнями, оксидом азоту й альдегідами. Наприклад, якщо розглянути оксид вуглецю (карбону), то в нього такі характеристики: не має кольору і запаху, погано розчиняється у воді, утворюється в результаті неповного згоряння вуглецевих матеріалів (кам'яного вугілля, природного газу, деревини, нафтопродуктів). Є декілька методів для визначення оксиду вуглецю в атмосферному повітрі: метод реакційної газової хроматографії, газохроматографічний метод, експрес метод. Оскільки експрес метод використовують при великих концентраціях (понад 6,5 мг/м<sup>3</sup>), то оптимальним у цьому випадку буде газохроматографічний метод, оскільки спектр його вимірювання - 1-50 мг/м<sup>3</sup>. Методика досліджень умісту CO є такою: аналізовану трубку вставляють у грушу і проводять 10 втягувань забрудненого вуличного повітря, у якому міститься оксид вуглецю. Повітря, забруднене CO, проходить крізь індикаторну трубку, і на ній з'являється характерне позеленіння, за інтенсивністю якого визначається концентрація оксиду вуглецю. Розрахунок концентрації CO на певну територію проводиться за формулою:

$$K_{CO} = (A + 0,01N \cdot K_m) \cdot K_o \cdot K_n \cdot K_w \cdot K_v \cdot K_n$$

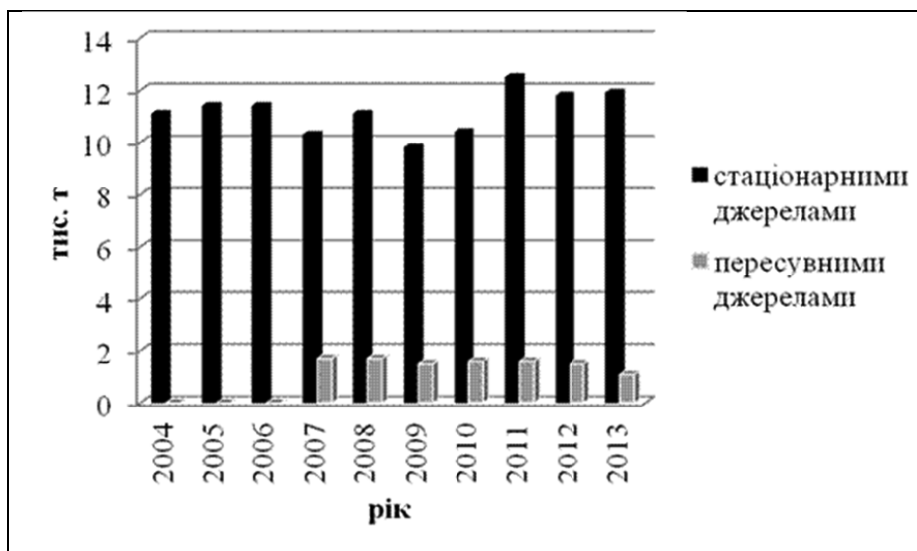


Рис.2. Динаміка викидів CO в атмосферне повітря в м. Харків за 2004-2013 роки

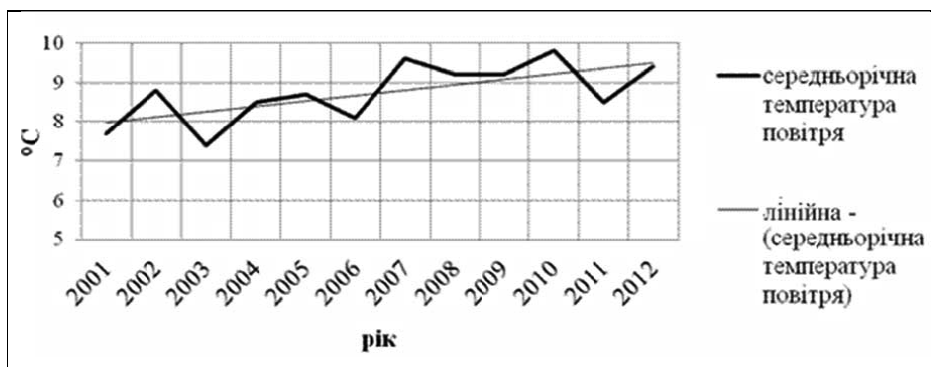


Рис.3. Середньорічна температура повітря у м. Харкові за 2001-2012 роки

де  $A$  – фонове забруднення атмосферного повітря ( $A=0,5\text{мг/м}^3$ );  $N$  – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці (шт./год.);  $K_m$  – коефіцієнт токсичності автомобілів за викидами CO в атмосферне повітря;  $K_o$  – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосферного повітря оксидом карбону, залежно від величини поздовжнього нахилу;  $K_w$  – те саме відносно швидкості вітру;  $K_v$  – те саме відносно вологості повітря;  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує збільшення забрудненості повітря на перехрестях автомагістралі з іншими дорогами.

Так,  $\text{ГДК}_{CO} = 5 \text{ мг/м}^3$ , а концентрація у  $20 \text{ мг/м}^3$  вже небезпечна для життя людини. Розрахунки за всіма забруднювачами заносяться у відповідний бланк, студенти аналізують отримані показники і визначають метеорологічний потенціал заданої території. Ця практична робота дозволяє навчити студентів проводити розрахунки за показниками забруднення атмосфери в реальних умовах великого міста, визначати ступінь впливу на самопочуття людей.

**Висновки.** Взявши до уваги, що забруднення атмосферного повітря відбувається внаслідок надходження або утворення в ньому фізичних, біоло-

гічних факторів, хімічних сполук, які можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища, на прикладі міста Харкова встановлено, що основними джерелами забруднення є промислові виробництва та автомобільний транспорт. Охарактеризовані статистичні моделі, які можуть відтворювати кращі результати, ніж числова імітаційна модель. Тому їх до-

цільно використовувати у подальших прогнозах забруднення атмосферного повітря у великих містах.

Надалі планується розглянути методики розрахунку забруднення атмосферного повітря у межах великого міста на прикладі міста Харкова.

**Рецензент – кандидат географічних наук,  
доцент С.І. Решетченко**

### Література:

1. Про охорону атмосферного повітря: Закон України № 2707-ХІІ від 16.10.1992: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
2. Про затвердження Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів: Наказ Держкомстату України № 452 від 13.11.2008: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://uazakon.com/documents/date\\_3a/pg\\_gmcywc/index.htm](http://uazakon.com/documents/date_3a/pg_gmcywc/index.htm)
3. Про затвердження Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання палива на побутові потреби в домогосподарствах: Наказ Держкомстату України № 98 від 22.04.2011: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: [http://ukrstat.org/uk/metod\\_polog/metod\\_doc/2011/98/98.htm](http://ukrstat.org/uk/metod_polog/metod_doc/2011/98/98.htm)
4. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря Наказ Мінохорони навколишнього природного середовища України № 639 від 10.12.2008: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09>
5. Громова О.В. Аналіз моделей поширення домішок в атмосфері від стаціонарних джерел / О. В. Громова // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2004. - Вип. 253. – С. 173-181.
6. Динаміка викидів забруднюючих речовин і діоксиду вуглецю в атмосферне повітря: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://kh.ukrstat.gov.ua/index.php/dynamika-vykydiv-zabrudniuiuchykh-rechovyn-i-dioksydu-vuhletsiv-atmosferne-povitria>
7. Кіптенко Є.М. Прогнозування рівнів високого забруднення атмосферного повітря у містах України. / Є.М. Кіптенко, Т.В. Козленко // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250. – С. 288-298.
8. Комплексная эколого-географическая характеристика урбанизированных территорий с использованием геоинформационных технологий (на примере г. Саранска): Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / М.В. Кустов. – М., 2001. – 20 с.
9. Шевченко О.Г. Вплив інверсій на рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва / О.Г. Шевченко // Укр. гідромет. журнал. – Одеса, 2011. – № 8. – С. 5-11.