

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Л. В. Доценко, А. С. Демиденко

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна. E-mail: uta.art@mail.ru

Дослідження якості атмосферного повітря в місті Дніпропетровську проводиться на 6 стаціонарних і 2 маршрутних постах спостереження за методиками, які були затверджені ще наприкінці 80-х років ХХ століття. В результаті аналізу даних з 2006 по 2013 рік встановлено, що основний внесок у забруднення повітря міста вносять підвищені концентрації формальдегіду, діоксиду азоту, сірководню. Розглянуто методи та принципи розрахунку індексу забруднення атмосферного повітря в Україні, і за кордоном (США, Канада, Австралія). Проаналізовано переваги і недоліки існуючих підходів у визначенні якості повітря урбанізованих територій. Обґрунтовано необхідність модернізації методики розрахунку індексу забруднення атмосфери, яка повинна здійснюватися з урахуванням міжнародних стандартів, а також досвіду інших країн та відповідати вимогам Всесвітньої організації здоров'я. В першу чергу основною відмінністю і недоліком оцінки якості повітря та проведення моніторингу в Україні в цілому - це відсутність вимірів приземного озону на постійній основі.

Ключові слова: атмосферне повітря, індекс забруднення, формальдегід, озон.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Л. В. Доценко, А. С. Демиденко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара
пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49010, Украина. E-mail: uta.art@mail.ru

Исследования качества атмосферного воздуха в городе Днепропетровске проводится на 6 стационарных и 2 маршрутных постах наблюдения по методикам, утвержденных еще в конце 80-х годов ХХ века. В результате анализа данных с 2006 по 2013 год установлено, что основной вклад в загрязнение воздуха города вносят повышенные концентрации формальдегида, диоксида азота, сероводорода. Рассмотрены методы и принципы расчета индекса загрязнения атмосферного воздуха в Украине, и за рубежом (США, Канада, Австралия). Проанализированы достоинства и недостатки существующих подходов в определении качества воздуха урбанизированных территорий. Обоснована необходимость модернизации методики расчета индекса загрязнения атмосферы, которая должна осуществляться с учетом международных стандартов, а также опыта других стран и отвечать требованиям Всемирной организации здравоохранения. В первую очередь основным отличием и недостатком оценки качества воздуха и проведения мониторинга в Украине в целом - это отсутствием измерения приземного озона на постоянной основе.

Ключевые слова: атмосферный воздух, индекс загрязнения, формальдегид, озон.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Якість навколишнього середовища безпосередньо впливає на здоров'я і самопочуття людини, особливо це гостро стосується атмосферного повітря, через його здатність проникати в інші середовища, а також безпосередньо впливати на організм. Кожна країна світу стикається з проблемами забруднення атмосферного повітря, внаслідок виникають питання не тільки про вирішення цих проблем, але перш за все про визначення рівня забруднення. На сьогоднішній день забруднення повітря є однією з найважливіших екологічних проблем в усьому світі, особливо гостро це питання стосується міських і промислових територій.

Метою роботи було проаналізувати міжнародний досвід визначення стану забруднення атмосферного повітря, виявити переваги і недоліки вітчизняних та зарубіжних методів на прикладі міста Дніпропетровська.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На території України і країн колишнього СРСР для визначення стану забруднення повітря використовують комплексний показник - індекс забруднення атмосфери (ІЗА).

При розрахунку ІЗА враховується не тільки концентрації різних речовин, але і їх вплив на здоров'я людини.

Даний індекс розраховується по окремих забруднюючих речовинах для оцінки внеску окремих домішок в загальний рівень забруднення атмосфери або комплексно за декількома речовинами для порівняння ступеня забруднення атмосфери в різних містах.

Комплексний ІЗА, що враховує L речовин, присутніх в атмосфері, розраховується за формулою [1]:

$$I_n = \sum_{i=1}^n L_i = \sum_{i=1}^n (x_i / ПДК_i) C_i \quad (1)$$

X_i — середня за рік концентрація i -того речовини,

C_i — коефіцієнт, що дозволяє привести ступінь забруднення повітря i -тим речовиною до ступеня забруднення повітря діоксидом сірки,

I_n — ІЗА, безрозмірна величина.

Значення C_i визначається для речовин в залежності від їх класу небезпеки. Діоксид сірки відноситься за ступенем шкідливості до третього класу небезпеки ($C_i = 1$), до неї наводиться шкідливість всіх речовин. C_i для речовин 4, 3, 2 і 1 класів небезпеки, які дорівнюють 0,85, 1,0, 1,3 і 1,5 відповідно.

При розрахунку ІЗА передбачається, що всі забруднюючі речовини, які не перевищують гранично допустимі концентрації, однаково впливають на організм людини, але із збільшенням їх концентрацій збільшу-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

ється і ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпеки речовини

Сумарний ІЗА використовується для порівняння ступеня забруднення атмосфери в різних містах, проте це можливо лише в разі якщо вимірюються концентрації однакового набору речовин. Як показує практика, набір вимірюваних забруднюючих речовин в різних містах, більш того на різних постах одного міста, може розрізнятися [2]. В такому випадку розраховується ІЗА для кожної речовини, а потім складається регресний варіаційний ряд отриманих величин. Вибираються речовини з найбільшими значеннями індексів (зазвичай 5), по яких і проводиться розрахунок, а за тим і порівняння сумарного індексу забруднення атмосфери.

За значенням ІЗА можна судити про ступінь забруднення атмосферного повітря, динаміку забруднення, а також про необхідні управлінських рішення у сфері природокористування.

У місті Дніпропетровськ спостереження за забрудненням атмосферного повітря проводяться на 6 стаціонарних та 2 маршрутних постах, дані яких використовувалися для аналізу динаміки забруднення атмосферного повітря в період з 2006 по 2013 рр.

Програма моніторингу якості атмосферного повітря включає наступні забруднюючі речовини: пил, двоокис азоту, двоокис сірки, оксид вуглецю, двоокис азоту, сірководень, фенол, аміак, формальдегід, а також бенз(а)пірен та важкі метали. На деяких постах спостереження перелік досліджуваних домішок відрізняється. У перелік пріоритетних домішок для яких розраховується ІЗА, а за тим і комплексний індекс входять: формальдегід, діоксид азоту, пил, фенол, аміак.



Значення ІЗА	Рівень забруднення
< 5	низький
5 - 8	підвищений
8 - 13	високий
> 13	дуже високий

Рисунок 1 – Динаміка зміни комплексного індексу забруднення атмосфери у м. Дніпропетровську за 2006-2013рр.

За досліджуваний період значення ІЗА переважно знаходиться в межах від 8 до 13 одиниць, що можна характеризувати як високий рівень забруднення атмосфери.

Встановлено, що за останні 8 років найвищий показник спостерігався в 2008 році, склав 14,1 (дуже високий рівень забруднення), на даний рік обсяг

викидів від пересувних джерел також був найбільшим.

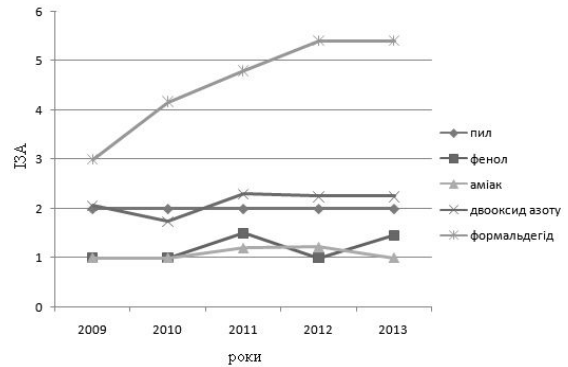


Рисунок 2 – Зміни індексу забруднення атмосфери забруднюючих речовин у м. Дніпропетровську за 2009-2013рр

Основну роль у формуванні значення ІЗА в місті Дніпропетровську відіграє формальдегід. Вклад формальдегіду в сумарний індекс забруднення атмосфери за все року в період з 2009 по 2013, складав від 33 до 45% (найбільший в 2012 році – 45,5%).

При проведенні кореляційного аналізу встановлено, що значення коефіцієнта кореляції дорівнює 0,96. Так само виявлено взаємозв'язок між ІЗА і концентраціями діоксиду азоту та сірководню, коефіцієнти кореляції відповідно дорівнюють 0,80 і 0,63 відповідно.

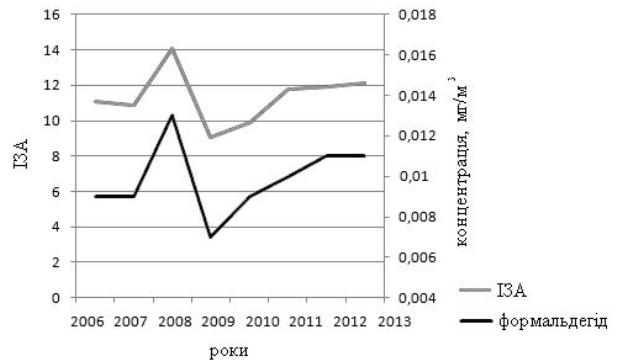


Рисунок 3 – Динаміка середньорічного вмісту формальдегіду в атмосферному повітрі та індексу забруднення атмосфери.

Формальдегід відрізняється високою токсичністю, коливання його концентрацій можуть виникнути під впливом змін температури повітря і сонячної радіації. Отже є необхідністю постійний контроль даної речовини в атмосферному повітрі, а також пошук шляхів зниження концентрації.

Відмінною рисою аналізу якості повітря країн колишнього СРСР є те, що він проводиться враховуючи найбільш небезпечні речовини і обсяг їх викидів для кожної окремої території. Недоліком цього підходу є відсутність стандартизованого переліку забруднюючих речовин, що ускладнює порівняння та обмін інформацією. З іншого боку, облік специфічних забруднювачів є більш об'єктивним при оцінці якості повітря і впливу його на організм людини.

У Канаді використовується індекс здоров'я за якістю повітря (Air Quality Health Index or -AQHI), він прийшов на зміну індексу якості повітря (Air quality index - AQI), розробленого в 1970-х роках.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

AQHI був розроблений вченими шляхом визначення добової зміни ризику смертності по десяти містах з 1998 по 2000 рр. і з представленням результатів у вигляді 10-бальної шкали [3].

Істотна відмінність AQHI від попереднього полягає в тому, що він показує небезпеку спільного впливу забруднюючих речовин на здоров'я людини і має наукове обґрунтування того, що навіть низькі рівні впливу мають негативний вплив, це особливо важливо для людей з групи ризику (діти, літні люди та люди, що мають діабет, захворювання серця і легенів).

При розрахунку AQHI враховуються три специфічних забруднюючих речовини (O₃, TЧ_{2,5}, NO₂), які здійснюють серйозний спільний вплив на здоров'я людини, навіть в результаті короточасного впливу.

$$AQHI = \frac{10}{10.4} * (100(e^{0.00087*NO_2} - 1) + (e^{0.00053*O_3} - 1) + (e^{0.00048*TЧ_{2,5}} - 1)) \quad (2)$$

Формуванню приземного озону (O₃) сприяють викиди транспортних засобів, промислових підприємств і фотохімічні реакції в атмосфері. Озон може бути одним з основних компонентів смогу протягом літа, особливо в спеку. Джерелом надходження твердих частинок менше 2,5 мікрон в діаметрі є антропогенні, природні об'єкти, і так само вони можуть утворюватися в результаті хімічних реакцій між іншими забруднюючими речовинами. Двоокис азоту надходить в атмосферу завдяки викидам електростанцій, що використовують вугілля, і транспорту. Це сприяє утворенню двох інших забруднюючих речовин.

Розрахунок AQHI заснований на вимірах середніх концентрацій за три години приземного озону (O₃), діоксиду азоту (NO₂) і дрібних твердих частинок (TЧ_{2,5}). O₃ і NO₂ вимірюється в частинах на мільярд (промиле), а TЧ_{2,5} вимірюється в мікрограм на кубічний метр (мкг / м³). Спочатку розрахунок AQHI включав п'ять основних забруднювачів повітря однак діоксид сірки (SO₂), окис вуглецю (CO) незабаром перестали враховуватися через відсутність інформації в прогнозуванні наслідків для здоров'я.

В Канаді з результатами індексу можна ознайомитися в режимі реального часу, а також отримати рекомендації як для людей з групи ризику, так і для населення в цілому.

В США агентством з охорони навколишнього середовища (Environmental Protection Agency) був розроблений індекс якості повітря Air Quality Index - AQI. Розрахунок AQI ґрунтується на розрахунках, що включають концентрації п'яти основних забруднювачів: приземний озон, тверді частинки, оксид вуглецю, діоксид сірки і діоксид азоту [4]. AQI використовується в США з 1999 року, замінивши попередню систему вимірювання рівня забруднення повітря з додаванням двох забруднювачів (O₃, TЧ_{2,5}), які не враховувалися раніше. Індекс якості повітря в США розраховується окремо для кожного забруднювача:

$$I = \frac{I_{high} - I_{low}}{C_{high} - C_{low}} * (C_{high} - C_{low}) + I_{low} \quad (3)$$

де I – індекс якості повітря; C – концентрація забруднювача; C_{low} – контрольна точка концентрації, при

≤ C; C_{high} – контрольна точка концентрації, при ≥ C; I_{low} – контрольна точка індексу, відповідна C_{low}; I_{high} – контрольна точка індексу, відповідна C_{high}.

Значення контрольних точок концентрації та індексу визначаються за допомогою спеціальних таблиць для кожної речовини. AQI ділиться на шість категорій із зазначенням значимості для здоров'я.

AQI заснований на стандартах якості повітря і приймає до уваги як охорону здоров'я людини так і стан навколишнього середовища, він повідомляє про єдину, найнебезпечнішу із забруднюючих речовин.

На відміну від деяких інших країн, проблеми якості повітря в Австралії не є настільки серйозними. Це пояснюється невеликою чисельністю населення на одиницю площі, високою швидкістю вітру в містах, а також хімічним складом енергетичних ресурсів.

При розрахунку індексу якості повітря враховуються: O₃, NO₂, SO₂, CO, TЧ_{2,5}, TЧ₁₀, значення індексу для будь-якого з перерахованих забруднювачів визначається як відношення фактичної концентрації до встановлених національними стандартами, виражене у відсотках:

$$In = \frac{P_c}{P_s} * 100\% \quad (4)$$

Де In – індекс якості повітря; P_c – концентрація забруднювача; P_s – концентрація за стандартами

Індекс обчислюється для кожної речовини, потім по найбільш гіршим значенням визначається загальний стан. Значення індексу вище 100 означає, що забруднювач перевищив встановлений стандарт якості повітря. Результати мають п'ять категорій від «дуже доброго» до «дуже поганого».

В Австралії національні стандарти встановлюються відповідно до вимог ВООЗ про захист здоров'я та збереження довкілля, якість повітря оцінюється якісно і кількісно без надання рекомендацій населенню.

ВИСНОВКИ. Були розглянуті основних особливості та недоліки вітчизняного методу визначення рівня забруднення атмосферного повітря на прикладі м. Дніпропетровська. Крім того, виявлено значний вплив який здійснює концентрація формальдегіду на загальну картину забруднення. Встановлено, що формальдегід надходить в атмосферу від антропогенних і промислових джерел, а також утворюється в результаті фотохімічних реакцій.

Аналіз ситуації в різних країнах свідчить про те, що є деякі відмінності в підходах до питання про забруднення повітря на державному рівні, і першу чергу керуються забезпеченням охорони навколишнього середовища і здоров'я населення.

Відмінною рисою аналізу якості повітря країн колишнього СРСР є те, що він проводиться враховуючи найбільш небезпечні речовини і обсяг їх викидів для кожної окремої території. Недоліком цього підходу є відсутність стандартизованого переліку забруднюючих речовин, що ускладнює порівняння та обмін інформацією. З іншого боку, облік специфічних забруднювачів є більш об'єктивним при оцінці якості повітря і впливу його на організм людини.

Таким чином, оцінка загального рівня забруднення повітря є складним завданням, однак в сучас-

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

ному світі виникає необхідність своєчасного взаємобміну наявною інформацією, яка повинна бути стандартизована і відповідати вимогам Всесвітньої організації здоров'я.

У багатьох країнах, у тому числі європейських, вимір вмісту озону в приземному шарі атмосфери є обов'язковою складовою при вивченні якості повітря. Результати досліджень [5] доводять небезпечний вплив, який чинять високі концентрації озону на здоров'я людини. З огляду на вище сказане, а також стандартизацію в оцінці якості стану атмосферного повітря з метою спрощення репрезентації результатів у світовому співтоваристві, існуючі системи моніторингу потребують модернізації.

Європейське законодавство про якість повітря побудована на певних принципах. Першим з них є те, що держави-члени ділять свою територію на кілька зон і агломерацій. У цих зонах і агломераціях, держави-члени повинні провести оцінку рівнів забруднення повітря з використанням вимірів і емпіричного моделювання та інших методів. Де рівні підвищені, держави-члени повинні підготувати план якості повітря або програми для забезпечення коду дотримання граничного значення до дати, коли граничне значення офіційно вступить в силу. Крім того,

інформація про якість повітря повинна бути поширена серед громадськості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / РД 52.04.186-89/ – М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.
2. Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения / Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. – СПб.: Астерон, 2008. – 253с.
3. Sean Daley. Analysis of the Air Quality Health Index in Canadian Urban Centres – Canada, 2010. – 241.
4. Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>.
5. United States Environmental Protection Agency. Air and Radiation Washington, DC 20460. EPA-456/F-08-001 March 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.epa.gov/glo/health.html>.

COMPARATIVE ANALYSIS METHODS FOR DETERMINING THE LEVEL OF AIR POLLUTION

L. Dotsenko, A. Demidenko

Dnepropetrovsk Oles Gonchar National University
av. Gagarin, 72, Dnepropetrovsk, 49010, Ukraine. E-mail: uta.art@mail.ru

Investigations of air quality in the Dnepropetrovsk city was made on 6 stationary stations and 2 mobile stations, used methods that approved in the late 80-ies of XX century. After analyzing the data from 2006 to 2013, concluded that main contribution to the air pollution of the city make higher concentrations of formaldehyde, nitrogen dioxide, hydrogen sulfide. Considered methods and principles of calculating the index of air pollution in Ukraine and abroad (United States Of America, Canada, Australia). Identified advantages and disadvantages of existing approaches in determining the air quality in urban areas. Completed work proves the necessity to modernize methodology for calculating the index of air pollution, which should be carried out in accordance with international standards, and also the experience of other countries and meet the requirements of the World Health Organization. The main difference and the disadvantage of air quality assessment and monitoring in Ukraine is the lack of a permanent measure ground-level ozone.

Key words: air, pollution index, formaldehyde, ozone.

REFERENCES

1. Rukovodstvo po kontroliu zahriaznennia atmosfery [Guide to the atmosphere pollution control]. RD 52.04.186-89 (1991), Hydrometeorology, Moscow, USSR.
2. Bezuhlaya E. Smirnova I. (2008), *Vozdukh horodov y eho yzmeneniya* [Air cities and Changes], Asteron, Saint Petersburg, Russian Federation.
3. Sean Daley. Analysis of the Air Quality Health Index in Canadian Urban Centres – Canada, 2010. – 241.
4. Air Quality Index (AQI, A Guide to Air Quality and Your Health available at: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>
5. United States Environmental Protection Agency. Air and Radiation Washington, DC 20460. EPA-456/F-08-001 available at: <http://www.epa.gov/glo/health.html>. (accessed March 2008).