

УДК: 502.3:504.5

Шевченко О. Г.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ м. КИЄВА ТА ДЖЕРЕЛА ЇХ НАДХОДЖЕННЯ

Представлено результати дослідження вмісту важких металів в атмосферному повітрі м. Києва, розглянуто просторово-часовий розподіл концентрацій. Проаналізовано основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря великих міст.

Ключові слова: важкі метали, рівень забруднення атмосферного повітря, динаміка вмісту забруднювальних речовин.

Вступ. Важкі метали (ВМ), що надходять в атмосферне повітря, можуть переноситися на значні відстані, накопичуватися у компонентах навколишнього середовища та потрапляти в харчові ланцюги, завдаючи непоправної шкоди наземним і водним екосистемам. Для людського організму ВМ навіть у малих концентраціях є канцерогенними або токсичними та можуть впливати на центральну нервову систему, нирки, печінку, або шкіру, кістки, зуби. Підвищені концентрації важких металів в атмосферному повітрі великих міст – це загроза для здоров'я значної кількості людей, серед яких значний відсоток категорій населення, що найбільш вразливі до забруднення довкілля (діти, люди похилого віку, люди, що мають хронічні захворювання, тощо). Усвідомлюючи

небезпеку від вмісту важких металів в атмосферному повітрі в ЄС нормативними документами введені жорсткі обмеження вмісту 13 ВМ у викидах в атмосферу. В США до переліку 189 небезпечних забруднювачів повітря включено 11 металів, які викликають онкологічні захворювання, або мають інший негативний вплив на здоров'я: (ССТ, 1997). В Україні на сьогоднішній день не існує таких жорстких обмежень щодо викидів ВМ в атмосферне повітря і відповідно до повітряного басейну міст можуть надходити будь-які важкі метали незалежно від їх потенційної небезпечності для населення.

Аналіз останніх досліджень. Оцінці якості повітря міст України останнім часом приділяється немало уваги [3–5]. Проте, більшість робіт присвячені дослідженню основних та специфічних забруднювальних домішок – вміст важких металів найчастіше лише частково розглядається в ході комплексних досліджень.

Формулювання цілей статті. До основних завдань даної статті належать: встановити основні джерела надходження важких металів в атмосферне повітря великих міст; проаналізувати вміст ВМ в повітрі міста Києва, розглянути просторово-часовий розподіл концентрацій ВМ.

Матеріали та методи. Для виконання даного дослідження були використані дані Центральної Геофізичної обсерваторії про концентрації важких металів в атмосферному повітрі м. Києва за 1998–2010 рр. по 5 постах спостереження за забрудненням (ПСЗ). Дослідження виконані із застосуванням класичних методів математичної статистики. Розрахунки та графічні побудови виконані за допомогою пакету прикладних програм статистичної обробки даних «STATISTICA 6.0» та програми «Microsoft Excel».

Виклад основного матеріалу. *Джерела надходження ВМ в атмосферне повітря великих міст.* В атмосферному повітрі ВМ знаходяться у формі органічних та неорганічних сполук у вигляді пилу та аерозолів, а також у газоподібному стані (ртуть). Хімічний склад аерозольних часток та вміст у них важких металів залежить переважно від характеристик джерел їх надходження в атмосферу. Основними джерелами надходження важких металів є підприємства теплоенергетики, промисловість (викиди від спалювання бурого та кам'яного вугілля, мазуту, інших видів палив на промислових підприємствах), транспорт та спалювання сміття.

За величиною валового надходження ВМ у атмосферу перше місце посідає теплоенергетика. Спалювання вугілля та мазуту, які до цього часу переважають у паливній структурі більшості країн світу, є головним джерелом надходження в атмосферу багатьох металів. У вугіллі та нафті присутні практично всі відомі метали. У кам'яновугільній сажі, наприклад, за даними [1], встановлена наявність 70 елементів. В 1 т вугільної сажі в середньому міститься по 200 г цинку і олова, 300 г кобальту, 400 г урану, по 500 г германію і миш'яку. Максимальний вміст стронцію, ванадію, цинку і германію може досягати 10 кг на 1 т. Вміст важких металів у вугіллі зазвичай на кілька порядків вищий, ніж в нафті або в природному газі. Спалювання вугілля в котельних електростанцій і промислових підприємств є основним джерелом антропогенних викидів ртуті, миш'яку, інших ВМ (табл. 1).

Таблиця 1

Викиди ВМ у атмосферне повітря тепловими електростанціями, що працюють на вугіллі (за даними [7])

Вид палива	Емісія металів у атмосферу, г/т спаленого палива			
	As	Cd	Hg	Ni
Кам'яне вугілля	0,03–0,3	0,003–0,01	0,05–0,2	0,03–0,04
Буре вугілля	0,03–0,4	0,002–0,004	0,05–0,2	0,02–0,04

Інвентаризація джерел викидів ВМ у 15 європейських країнах, свідчить про високий рівень небезпеки викидів сміттеспалювальних заводів (ССЗ) у повітря, які характеризуються високою часткою надходження ртуті (16%), кадмію (8%) та інших металів (табл. 2.) [6]. Коефіцієнти концентрації показують у скільки разів концентрація ВМ у викидах ССЗ перевищує його вміст у звичайному повітрі. Табл. 2. свідчить про те, що у викидах ССЗ вміст ВМ у тисячі разів більший, ніж у звичайному повітрі. Враховуючи, що ССЗ з року в рік нарощують свої потужності, це може призвести до значного зростання ВМ у повітрі тих міст, де такі технології переробки сміття використовуються.

Аналіз технологічного циклу ССЗ показує, що не всі ВМ у

Таблиця 2

Вміст ВМ в продуктах спалювання твердих побутових відходів різних міст

ВМ	Газоподібні продукти згорання			Сажа	
	Вміст, %	Коефіцієнт концентрації	Вміст, %	Коефіцієнт концентрації	Вміст, %
Вісмут	0,0003–0,0013	300–1300	0,01	10000	
Срібло	0,0006–0,0021	86–300	0,003–0,01	430–1430	
Олово	0,02–0,18	80–720	0,22–0,3	880–1200	
Свинець	0,155–0,186	97–116	0,45–1	281–625	
Кадмій	0,0005–0,0012	38–923	0,005–0,01	380–770	
Сурма	0,003–0,009	60–180	0,01–0,02	200–400	
Мідь	0,15–0,4	32–85	0,07–0,3	15–64	
Цинк	0,18–0,56	22–68	0,1–3	120–360	
Хром	0,06–0,16	7–20	0,08–0,6	10–200	
Ртуть	0,00004–0,00009	5–10	–	–	–

однаковій мірі надходять у повітря – майже все залізо (99%) йде у шлаки, мідь частково летить з сажею і сприяє, як каталізатор, утворенню діоксинів у зоні охолодження газів. У повітря надходить також 72% ртуті та 12% кадмію. ВМ осідають навколо ССЗ, утворюючи пляму забруднення, у якій відбувається активна

міграція ВМ в усі компоненти навколишнього середовища.

Забруднення повітря ВМ відбувається також під час спалювання біомаси, лісових пожеж. За даними Інституту хімії наукового товариства Макса Планка (Німеччина) щороку внаслідок спалювання біомаси в атмосферу надходить 210–750 т ртуті, що складає 3–11% сумарного надходження цього металу.

Оцінюючи роль автомобільного транспорту у забрудненні атмосфери, як правило, беруть до уваги лише основні забруднювальні компоненти відпрацьованих газів автомобільних двигунів, хоча добре відомо, що до складу відпрацьованих автомобільних газів входить близько 200 забруднювальних речовин, серед яких і ціла низка ВМ. У відпрацьованих газах автомобілів, що працюють на бензині, міститься свинець, ванадій і кобальт, а в тих, що використовують дизельне паливо – ванадій, мідь, нікель та хром [2]. Вміст ВМ у відпрацьованих газах регулюється їх вмістом у автомобільному паливі, яке, в свою чергу, залежить від складу сирової нафти, з якого його переробляють. В сирій нафті та в усіх продуктах її переробки практично завжди міститься ванадій, кобальт, мідь та нікель. Свинець додається в етильовані сорти бензину як антидетонаційна присадка, сполуки хрому та міді додаються в дизельне паливо для зменшення кількості сажі у складі відпрацьованих газів. Вміст міді у деяких паливах може досягати 20 мг/л, крім того мідь додають в дизельне паливо в кількості до 2,5 г/кг, що приводить до досить високих концентрацій міді у відпрацьованих газах автомобільних двигунів (2 мг/м³).

Крім того, ВМ надходять в навколишнє середовище не тільки з відпрацьованими газами, а й з продуктами руйнування гальмівних колодок, автомобільних шин та дорожнього полотна. Гальмівні колодки автомобілів є джерелом надходження Cu та Sb. Sb використовується як матеріал-наповнювач гальмівних колодок у вигляді антимону (Sb₂S₃) [8]. В результаті стирання верхнього шару дорожнього покриття, до складу якого входять цинк, нікель, мідь, ванадій, молібден, свинець та хром ці важкі метали у вигляді твердих часточок надходять у повітря [2].

Забруднення атмосферного повітря м Києва важкими металами. Антропогенне забруднення повітряного басейну м. Києва в основному формується за рахунок пересувних джерел. В структурі забруднення атмосферного повітря міста ще в 2006 р. на викиди від

стаціонарних джерел припадало лише 11,6 % і на пересувні джерела – 88,4 % викидів і спостерігалася тенденція до зростання частки останніх [5]. У структурі викидів шкідливих речовин в атмосферне повітрястаціонарнимиджереламизабрудненняпереважаютьвикиди, що спричиненні виробництвом та розподілом електроенергії, газу та води, їх частка – близько 70 %. Підприємств, що займаються такою діяльністю 12. Найбільшими з них є Дарницька ТЕЦ (ЗАТ «Укр-Кан-Пауер»), Акціонерні енергогенеруючі компанії «Київенерго» ТЕЦ-5, ТЕЦ-6, «Теплові мережі», філіал «Житлоплоенерго», а також завод з термічної переробки побутових відходів «Енергія». Отже, виходячи зі структури основних забруднювачів атмосферного повітря міста, у Києві функціонує значна кількість джерел, що можуть спричинювати надходження ВМ у повітря міста.

В Києві спостереження за вмістом ВМ проводяться на 5 постах спостереження за забрудненням (ПСЗ) – №4 (вул. С. Лазо, 2, мікрорайон ДВРЗ), №7 (Бесарабська площа), №9 (вул. Каунаська, 10а, район Ленінградської площі), №11 (проспект Перемоги, 98/2, біля ст.м. Святошин) та №21 (вул. Скляренка, 5, Куренівка), контролюються концентрації кадмію, заліза, марганцю, міді, нікелю, свинцю, хрому та цинку.

З метою встановлення основних тенденцій вмісту ВМ в повітрі міста, були проаналізовані часові ряди середньорічних концентрацій ВМ по місту за період 1998–2002 рр. Для заліза, марганцю та цинку встановити односпрямовану тенденцію за досліджуваний період досить складно – графік зміни концентрацій має хвилеподібний характер – середньорічні концентрації змінюються в незначних межах і зміни не мають однакової спрямованості. Концентрації хрому протягом останніх 6 років знизилися приблизно вдвічі порівняно з 1998–2000 рр., проте в 2002 р. спостерігалася стрімке зростання концентрацій до 0,07 мкг/м³. Для кадмію та нікелю також характерні підвищені концентрації в 2002 р. Концентрації свинцю характеризуються чіткою тенденцією до зниження (на фоні незначних міжрічних коливань концентрацій) – порівняно з 1999 р. концентрація 2010-го р. була нижчою більш ніж у 6 разів. Різкий стрибок вмісту свинцю в повітрі міста відбувся між 1999 та 2000 р. – лише за один рік концентрація знизилася з 0,20 мкг/м³ до 0,05 мкг/м³ (тобто, в 4 рази). Добре відомим є той факт, що значна кількість цього ВМ надходить в повітря в результаті роботи автотранспорту,

що використовує етильований бензин, а також в результаті спалювання низькоякісних сортів вугілля на теплоелектростанціях. В жовтні 1999 р. була підписана Програма поетапного припинення використання етильованого бензину в Україні, проте згідно цього документу повне припинення використання етильованого бензину в Україні мало відбутися лише з 1 січня 2003 р., тому згаданий документ і заборона використання даного типу пального не повинні були б стати причиною чотирикратного зниження концентрації в 2000 р. і очевидно, це пов'язано з припиненням роботи якогось підприємства чи введенням в експлуатацію на ньому більш високоякісного очисного обладнання.

Концентрації міді характеризуються стрімким зростанням в 2004 р. майже в 5 разів (0,09 до 0,43 мкг/м³) (рис. 1). В наступні два роки вміст цього забруднювача в повітрі Києва зростав і сягнув в 2006 р. 0,50 мкг/м³. Незважаючи на певне зниження концентрацій, в 2007 та 2008 рр., вони все ж в кілька разів вищі від тих, що спостерігалися до 2004 р. Оскільки концентрації забруднювальних речовин є дуже мінливими в просторі і можуть суттєво відрізнятись навіть на двох сусідніх постах, розташованих на незначній відстані один від одного, то цілком можливо що підвищену концентрацію міді в повітрі міста спричинює високий вміст цієї домішки, що фіксується на одному ПСЗ, який перебуває під безпосереднім впливом певного джерела забруднення.

В якості фонового забруднення атмосфери міста окремою домішкою, зазвичай приймається концентрація забруднювальної речовини, отримана в результаті усереднення концентрацій по всіх постах спостережень міста за тривалий період – місяць, рік, кілька років. Нерівномірність розташування по території міста підприємств промислового комплексу та місць скупчення великої кількості автотранспорту призводить до того, що в різних районах формуються концентрації, що можуть значно відхилитися від фонового забруднення міста даною домішкою. Найвищі середні концентрації нікелю та свинцю по м. Києву (усереднені за 2006–2010 р.) спостерігалися на ПСЗ № 9 (вул.Каунаська) – 0,022 та 0,034 мкг/м³, хрому (0,013 мкг/м³) – на ПСЗ № 21 (вул.Скляренка, Куренівка), марганцю, цинку та заліза – (0,074, 0,45 та 2,908 мкг/м³) на ПСЗ № 7 (Бесарабська площа), міді та кадмію (1,214 та 0,044 мкг/м³) – на ПСЗ № 4 (район ДВРЗ) (табл.3).

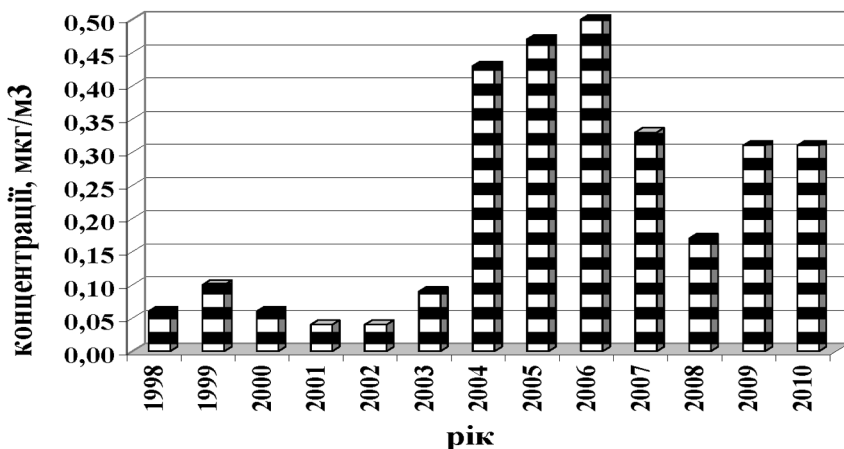


Рис. 1. Динаміка середньорічних концентрацій міді за 1998–2010 рр.

Таблиця 3

Усереднені концентрації ВМ у м. Києві за 2006–2010 р.

ПСЗ № /ВМ	Cd	Mn	Ni	Pb	Cr	Zn	Fe	Cu
04	0,044	0,049	0,015	0,032	0,009	0,39	1,895	1,214
07	0,005	0,074	0,013	0,029	0,011	0,45	2,908	0,082
09	0,006	0,038	0,022	0,034	0,010	0,21	1,619	0,188
11	0,003	0,050	0,012	0,025	0,011	0,19	2,028	0,108
21	0,022	0,026	0,020	0,020	0,013	0,10	1,091	0,060

Цікавим є те, що хоча всі ПСЗ, на яких проводяться вимірювання концентрацій ВМ в Києві розташовані або поблизу завантажених автомагістралей, або поблизу промислових зон – тобто, рівень концентрацій не повинен суттєво відрізнятися (така ж є для більшості домішок – марганцю, нікелю, свинцю, заліза), найвища концентрація міді (ПСЗ № 4) та найнижча (ПСЗ № 21) відрізняються більш ніж у 20 разів. Пост № 4, на якому зафіксовані високі концентрації міді в повітрі (що спричиняють формування високого рівня забруднення повітряного басейну міста цією домішкою) як вже зазначалося, розташований поблизу Дарницького вагоноремонтного заводу,

крім того неподалік розташований Дарницький шовковий комбінат, енергогенеруюча компанія «Укр-Кан-Пауер» (колишня Дарницька ТЕС), завод Радикал (на сьогоднішній день не працює, проте ще в 2001–2005 рр. на території цього підприємства проводилися роботи зі знешкодження джерел забруднення довкілля), на певній відстані розташований сміттєспалювальний завод «Енергія». Очевидно, що висока концентрація міді формується під впливом викидів якогось із цих підприємств (або їх сукупного впливу).

Висновки. Отже, основними джерелами забруднення атмосферного повітря великих міст важкими металами є підприємства теплоенергетики, транспорт та спалювання сміття. В Києві представлені всі вищезазначені потенційні забруднювачі повітряного басейну металами. Для більшості ВМ чітка тенденція зміни концентрацій в повітрі за багаторічний період не простежується. Лише для свинцю характерне суттєве зниження. Вміст міді в повітрі міста значно зріс в 2004–2006 рр., в подальші роки концентрації дещо знизилися і в 2009–2010 рр. стабілізувалися на рівні приблизно в 5 разів вищому ніж на початку періоду спостережень. Підвищений вміст міді в повітряному басейні міста формується за рахунок високих концентрацій даної домішки поблизу ПСЗ № 4 (район ДВРЗ), що розташований в зоні впливу кількох промислових підприємств – середні концентрації міді на цьому посту в 6,5–20 разів вищі, ніж на інших по місту.

Рецензент – доктор географічних наук, професор С. І. Сніжко

Література:

1. *Бондарев, Л. Г.* Микроэлементы – благо и зло [Текст] / Л.Г. Бондарев. – М. : Знание, 1984. – 144 с.
2. *Воробьев, А. Е.* Транспортные магистрали как источник загрязнения окружающей среды: [Текст] / А.Е. Воробьев, В.И. Сарбаев, В.В. Дьяченко, О.С. Шилкова. – М. : МГИУ, 2000. – 52 с.
3. *Кіптенко, Є. М.* Вплив метеорологічних умов забруднення повітря у промислових містах України [Текст] / Є. М. Кіптенко, Т. В. Козленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2007. – № 13. – С. 208–216.
4. *Лосєва, І. Д.* Оцінка антропогенного навантаження на

повітряний басейн м. Одеси [Текст] / І.Д. Лосєва, П.Х. Грудєв, Н.М. Демчишина // Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – 2004. – Вып. 48. – С. 279–286.

5. *Сніжко, С. І.* Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста / С.І. Сніжко, О.Г. Шевченко. – К. : Обрії, 2011. – 297 с.

6. *Huotari, J.*, Muut polton päästöt / In: Poltto ja palaminen. / J. Huotari., R. Vesterinen. – IFRF Finland: Gummerus, Jyväskylä, Finland, 1995. – 485 р.

7. *Swaine, D. J.* Modern methods in bituminous coal analysis [Текст] / *D.J. Swaine* // Critical reviews in Analytical Chemistry. – 1985. – Vol. 15. – issue 4. – P. 45–56.

8. *Uxekull, O.*, Antimony in brake pads – a carcinogenic component? / O. Uxekull, S. Skerfving, R., Doyle, M. Braungart // Journal of Clean Production.-2005. – Vol. 13. – P. 19–31.

О. Г. Шевченко

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ Г. КИЕВА И ИСТОЧНИКИ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ

Представлено результати дослідження вмісту важких металів в атмосферному повітрі г. Києва, розглянуто просторово-часове розподілення концентрацій. Проаналізовано основні джерела надходження важких металів в атмосферний повітря великих міст.

Ключевые слова: важкі метали, рівень забруднення атмосферного повітря, динаміка вмісту забруднюючих речовин.

O. Shevchenko

HEAVY METALS CONCENTRATIONS IN AMBIENT AIR IN KYIV CITY AND MAIN SOURCES OF ITS EMISSIONS.

Shown the results of research of heavy metals concentrations in ambient air in Kyiv, considered spatio-temporal distribution. Main heavy metals emissions sources in a big city was analysed.

Key words: heavy metals, air pollution level, dynamics of concentration of air pollutants.

Надійшла до редакції 25 лютого 2013 р.