

УДК 504.064:502.3:547.281

Сухарева О.Ю., к.х.н., доц.; Симканич О.І., к.х.н., доц.; Сухарев С.М., д.х.н., проф.

ВИЗНАЧЕННЯ СУМАРНОГО ВМІСТУ АЛЬДЕГІДІВ У СНІГОВОМУ ПОКРИВІ ЯК ІНДИКАТОРА СТАНУ ПОВІТРЯ МІСТ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46;
e-mail: osukhareva@ukr.net

Повітря відноситься до об'єктів з найвищим екологічним ризиком, а серед забруднювальних повітря речовин особливу роль відіграють альдегіди. Зазначені компоненти можуть потрапляти у повітря як безпосередньо за рахунок викидів автотранспорту чи промислових об'єктів, так і утворюються у повітрі внаслідок фотохімічних реакцій [1]. При цьому, альдегіди, особливо формальдегід, володіють високою токсичністю [2-4], тому визначення сумарного вмісту альдегідів у повітрі міст є актуальним.

В той же час, повітря є вкрай лабільним середовищем, що вимагає систематичного моніторингу його стану, але це не завжди можна організувати належним чином. Атмосферні опади, зокрема сніговий покрив, можуть розглядатись як інтегральні показники стану повітря [5-7]. Дослідження хімічного складу атмосферних опадів дозволяє оцінити стан повітря більш об'єктивно і, при цьому, можна легко провести картографування територій міст за показником сумарного вмісту альдегідів. В сніговому покриві, зокрема у талому снігу, як правило, визначають загальні хімічні показники такі як вміст завислих речовин, сульфатів, хлоридів, нітратів, катіонів металів, рН тощо [8-10]. Проте, зазначені показники не дають достатньо інформації для повної оцінки стану повітря, адже такі специфічні показники, як вміст альдегідів, можуть більш об'єктивно характеризувати ступінь антропогенного навантаження на повітря, а також врахувати особливості кліматичних умов території [11-13]. Такі дослідження снігового покриву для міста Ужгорода раніше не проводились, проте з огляду на кількість автотранспорту в місті, специфіки його забудови і особливості кліматичних умов території, визначення сумарного вмісту альдегідів у сніговому

покриві центральної частини міста є актуальним.

Отже, метою роботи є оцінка стану повітря центральної частини м. Ужгорода за показником сумарного вмісту альдегідів у сніговому покриві та картографування досліджуваної території за цим показником.

Експериментальна частина

Відбір проб сніжного покриву проводили одноразово у центральній частині м. Ужгорода у січні 2019 року (див. табл.) через годину після припинення снігопаду. Після топлення снігу воду фільтрували і безпосередньо спектрофотометрично визначали сумарний вміст альдегідів з реагентом 3,5-динітробензгідрозидом [14].

Для оцінки внеску формальдегіду у сумарне забруднення снігового покриву альдегідами, проводили його паралельне спектрофотометричне визначення з ацетил-ацетоном [15].

Визначення проводили на спектрофотометрі «Solar PV 1251C».

Картографування території центральної частини м. Ужгорода за сумарним вмістом альдегідів у сніговому покриві проводили з використання програми «ArcGIS 10.2.1» [16].

Результати та їх обговорення

Результати визначення сумарного вмісту альдегідів і формальдегіду у талому снігу, який відібраний у центральній частині м. Ужгорода, представлено у табл. Дані табл. показують, що вміст альдегідів у сніговому покриві суттєво коливається для різних ділянок, що, очевидно, зумовлено як різним транспортним навантаженням, так і особли-

вістю забудови територій і, як наслідок, домінуючою швидкістю і напрямком вітру.

Результати аналізу даних табл. показують, що сумарний вміст альдегідів у сніговому покриві м. Ужгорода має середні значення по відношенню до літературних даних [4, 11]. Крім того видно, що як і очікувалось [1, 5] домінуючий внесок у

сумарний вміст альдегідів у сніговому покриві робить формальдегід. Його внесок становить близько 75-85%. Серед інших альдегідів у сніговому покриві, очевидно, присутні ацетальдегід і бензальдегід [6, 12], адже зазвичай вміст інших альдегідів є незначним [13].

Таблиця 1. Результати визначення сумарного вмісту альдегідів і формальдегіду у сніговому покриві центральної частини м. Ужгорода ($n=6$, $P=0,95$)

Ділянка пробовідбору	Знайдено ΣAld , мкг/дм ³ / мкмоль/дм ³ за [14]	Знайдено формальдегіду, мкг/дм ³ за [15]
Вул. Фединця (р-н хімічного факультету ДВНЗ «УжНУ»)	372±19 / 12,4±0,6	308±20
Площа Поштова (р-н міської ради)	329±16 / 11,0±0,5	251±17
Вул. Берчені (р-н готелю «У Аніти»)	287±15 / 9,6±0,5	232±16
Площа Дружби народів (кільцевий рух)	351±16 / 11,7±0,5	267±18
Площа Б. Хмельницького (кільцевий рух біля готелю «Ужгород»)	431±18 / 14,4±0,6	323±21
Площа Ш. Петефі (біля ресторану «Варош»)	393±18 / 13,1±0,6	322±20
Проспект Свободи (перехрестя з вул. Капушанською, біля торгового центру «Білочка»)	467±19 / 15,6±0,6	364±22
Площа Кирила і Мефодія (біля Храму Христа Спасителя)	416±16 / 13,9±0,5	321±19
Вул. Станційна (біля ж-д вокзалу)	385±17 / 12,8±0,6	319±21
Вул. Станційна (перехрестя з вул. Мукачівською, ж-д переїзд)	424±18 / 14,1±0,6	330±22
Вул. Шумна (р-н аквапарку)	316±14 / 10,5±0,5	243±17
Вул. Волошина (р-н біологічного факультету ДВНЗ «УжНУ»)	339±15 / 11,3±0,5	257±18
Вул. Ольбрахта (р-н ботанічного саду ДВНЗ «УжНУ»)	263±13 / 8,8±0,4	213±15
Вул. Капітульна (р-н Ужгородського замку)	214±11 / 7,1±0,4	171±13
Вул. Собранецька (р-н ЗОШ № 4)	341±16 / 11,4±0,5	256±17
Вул. Собранецька (перехрестя з вул. Митною)	369±17 / 12,3±0,6	309±21
Слов'янська набережна (перехрестя з вул. Горова)	192±11 / 6,4±0,4	148±11

Примітка: сумарний вміст альдегідів (ΣAld) перерахований на формальдегід.

Для унаочнення рівня забруднення снігового покриву альдегідами, нами було проведено картографування територій центральної частини м. Ужгорода за сумарним вмістом альдегідів (див. рис.). Дані рис. показують, що поле найбільших концентрацій альдегідів у сніговому покриві розташоване у районі проспекту Свободи і його перехресті з вул. Капушанською. Це,

очевидно, зумовлено як інтенсивним транспортним навантаженням у цій частині міста, так і особливістю забудови даної території з домінуванням багатопверхівок. В той же час, можна виділити і найбільш чисті території (за показником сумарного вмісту альдегідів у сніговому покриві) центральної частини м. Ужгорода, зокрема це набережна частина міста і район Ужгородського замку.

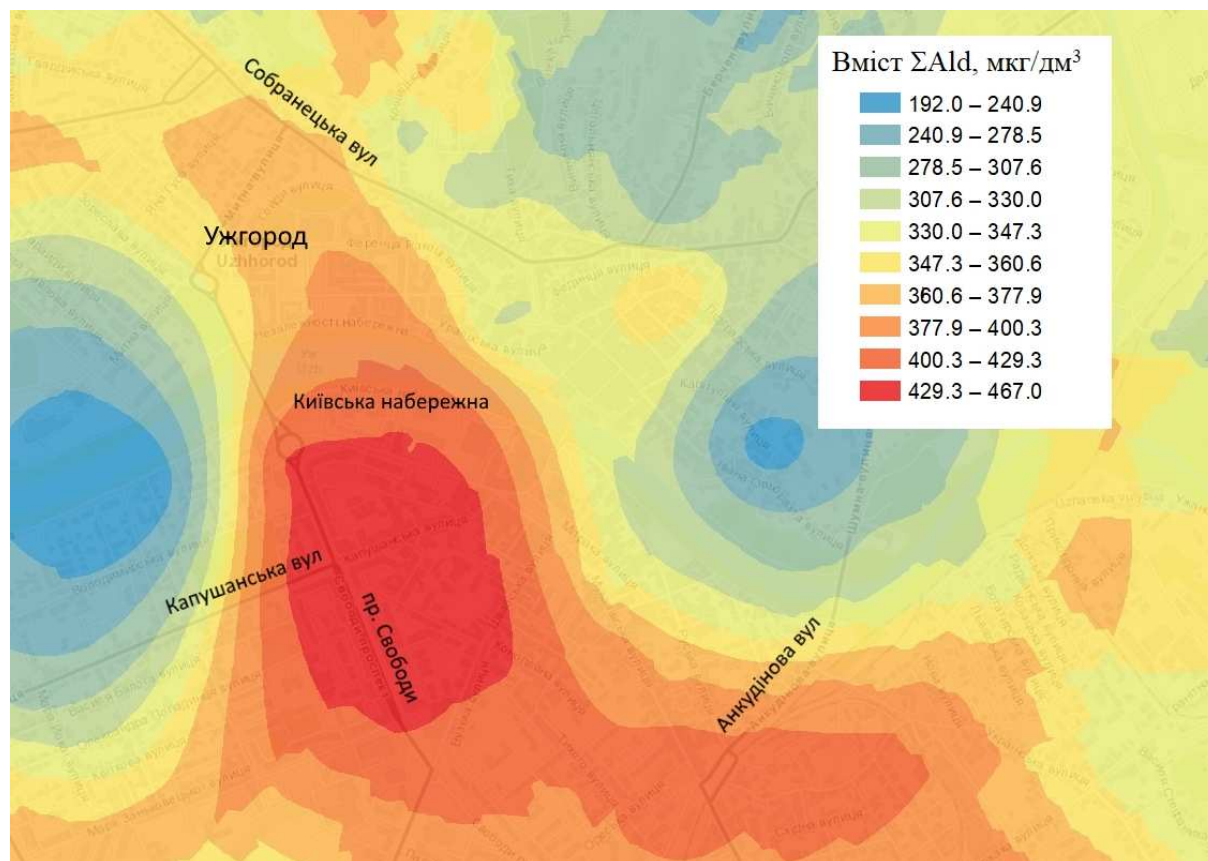


Рис. Карта забруднення центральної частини м. Ужгорода за показником сумарного вмісту альдегідів у сніговому покриві.

В цілому, як вже зазначалось нами раніше, сумарний вміст альдегідів у сніговому покриві центральної частини м. Ужгорода є відносно невеликим. За даними Закарпатського обласного центру з гідрометеорології [17], вміст формальдегіду в повітрі м. Ужгорода є досить високим, але найбільші концентрації зустрічаються у літній період. Це, очевидно, зумовлено процесами утворення фотохімічного смогу, продуктами якого є і формальдегід.

Таким чином показано, що стан снігового покриву міст можна розглядати як інтегральний показник забруднення повітря,

а показник сумарного вмісту альдегідів у ньому дозволяє оцінити як ступінь антропогенного навантаження на повітря у містах, так і особливості забудови території міст і домінуючі кліматичні умови.

Список використаних джерел

1. Шевченко О.Г., Кульбіда М.І., Сніжко С.І., Щербуха Л.С., Данілова Н.О. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014, 14, 5–15.
2. Richardson S.D., Plewa M.J., Wagner E.D., Schoeny R., DeMarini D.M. Occurrence,

- genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Research*. 2007, 636, 178–242.
3. O'Brien P.J., Siraki A.G., Shangari N. Aldehyde Sources, Metabolism, Molecular Toxicity Mechanisms, and Possible Effects on Human Health. *Crit. Rev. Toxicol.* 2005, 35, 609–662.
4. Balla D., Papageorgiou A., Voutsas D. Carbonyl compounds and dissolved organic carbon in rainwater of an urban atmosphere. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2014, 20, 12062–12073.
5. Dassau T.M., Sumner A.L., Koeniger S.L., Shepson P.B., Yang J., Honrath R.E., Cullen N.J., Steffen K., Jacobi H.-W., Frey M., Bales R.C. Investigation of the role of the snowpack on atmospheric formaldehyde chemistry at Summit, Greenland. *Journal of geophysical research*. 2002, 107(D19), 4394(1–14).
6. Domine F., Shepson P.B. Air-Snow Interactions and Atmospheric Chemistry. *Science*. 2002, 297, 1506–1510.
7. Шумилова М.А., Садидуллина О.В. Снежный покров как универсальный показатель загрязнения городской среды на примере Ижевска. *Вестник Удмуртского университета. Физика, химия*. 2011, 2, 91–96.
8. Hoffmann P., Karandashev V.K., Sinner T., Ortner H.M. Chemical analysis of rain and snow samples from Chernogolovka/Russia by IC, TXRF and ICP-MS. *Fresenius J. Anal. Chem.* 1997, 357, 1142–1148.
9. Летенкова И.В., Литвинов В.Ф., Смержок В.Г. Химический анализ снежного покрова Новгородской области. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2014, 76, 73–76.
10. Темерев С.В., Индюшкин И.В. Химический мониторинг снежного покрова в области влияния Барнаула. *Известия АГУ*. 2010, 67(1-3), 196–203.
11. Guns D.W., Hoffmann M.R. Field investigations on the snow chemistry in central and southern California-II. Carbonyls and carboxylic acids. *Atmos. Environ.* 1990, 24A(7), 1673–1684.
12. Kos G., Ariya P.A. Determination of a wide range of volatile and semivolatile organic compounds in snow by use of solid-phase micro-extraction (SPME). *Anal. Bioanal. Chem.* 2006, 385, 57–66.
13. Sieg K., Fries E., Puttmann W. Analysis of benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes and n-aldehydes in melted snow water via solid-phase dynamic extraction combined with gas chromatography/mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*. 2008, 1178, 178–186.
14. Sukharev S., Mariychuk R., Onysko M., Sukhareva O., Delegan-Kokaiko S. Fast determination of total aldehydes in rainwaters in the presence of interfering compounds. *Environ. Chem. Lett.* 2019.
- Режим доступу: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10311-019-00875-z>
15. Массовая концентрация формальдегида в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений фотометрическим методом с ацетилацетоном: *РД 52.04.823-2005*. Введена 01.10.2016.
16. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser*. 2004, 3, 32–35.
17. http://www.gmc.uzhgorod.ua/za_n.php.

Стаття надійшла до редакції: 09.04.2019.

DETERMINATION OF THE TOTAL ALDEHYDES CONTENT IN THE SNOW COVER AS AN INDICATOR OF URBAN AIR STATUS

Sukhareva O.Yu., Symkanich O.I., Sukharev S.M.

*Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Pidhirna str. 46;
e-mail: osukhareva@ukr.net*

Aldehydes, especially C₁-C₃, have high mobility in the air and high toxicity. They can both get into the air directly by anthropogenic sources of pollution, and are formed due to photochemical reactions. Therefore, the control of the total content of aldehydes in cities is an urgent task, and the integral indicator of the air condition, which can be considered snow cover, is important.

The spectrophotometric method has been used to determination the total content of aldehydes in the snow cover of the central part of Uzhhorod. It is established that the total content of aldehydes in the snow cover is 192-467 μg×L⁻¹, which corresponds to the average values in relation to the literary data. Therefore, the level of air pollution by aldehydes in Uzhhorod can be considered acceptable. It

was shown that the main contribution to the total pollution of the snow cover by aldehydes is formaldehyde, which accounts for 75-85%.

Based on the conducted researches, the mapping of the central part of Uzhhorod has been carried out on the basis of the total content of aldehydes in the snow cover. The field of the highest concentrations of aldehydes in the snow is observed in the area of Svobody Boulevard. This is due to the intensive traffic load on this territory, as well as the feature of its urban development and climatic conditions. The most pure areas of the central part of Uzhhorod are selected, in particular, the embankment of the city and the area of Uzhhorod castle.

As a whole, it is shown that the condition of snow cover of cities can be considered as an integral indicator of air pollution, and the indicator of the total content of aldehydes in the snow cover allows to assess the anthropogenic load on the air in cities, as well as the features of urban development and dominant climatic conditions.

Keywords: total content of aldehydes; snow cover; indication of air status; spectrophotometric determination; mapping.

References

1. Shevchenko O.G., Kul'bida M.I., Snizhko S.I., Shherbuxa L.S., Danilova N.O. Riven` zabrudnennya atmosfernogo povitrya mista Ky`yeva formal`degidom. *Ukrayins`ky`j gidrometeorologichny`j zhurnal*. 2014, 14, 5–15 (in Ukr.).
2. Richardson S.D., Plewa M.J., Wagner E.D., Schoeny R., DeMarini D.M. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Research*. 2007, 636, 178–242.
3. O'Brien P.J., Siraki A.G., Shangari N. Aldehyde Sources, Metabolism, Molecular Toxicity Mechanisms, and Possible Effects on Human Health. *Crit. Rev. Toxicol.* 2005, 35, 609–662.
4. Balla D., Papageorgiou A., Voutsas D. Carbonyl compounds and dissolved organic carbon in rainwater of an urban atmosphere. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2014, 20, 12062–12073.
5. Dassau T.M., Sumner A.L., Koeniger S.L., Shepson P.B., Yang J., Honrath R.E., Cullen N.J., Steffen K., Jacobi H.-W., Frey M., Bales R.C. Investigation of the role of the snowpack on atmospheric formaldehyde chemistry at Summit, Greenland. *Journal of geophysical research*. 2002, 107(D19), 4394(1–14).
6. Domine´ F., Shepson P.B. Air-Snow Interactions and Atmospheric Chemistry. *Science*. 2002, 297, 1506–1510.
7. Shumilova M.A., Sadiullina O.V. Snezhny pokrov kak universalny pokazatel zagryazneniya gorodskoy sredy na primere Izhevsk. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Fizika, khimiya*. 2011, 2, 91–96 (in Russ.).
8. Hoffmann P., Karandashev V.K., Sinner T., Ortner H.M. Chemical analysis of rain and snow samples from Chernogolovka/Russia by IC, TXRF and ICP-MS. *Fresenius J. Anal. Chem.* 1997, 357, 1142–1148.
9. Letenkova I.V., Litvinov V.F., Smorzok V.G. Khimichesky analiz snezhnogo pokrova Novgorodskoy oblasti. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014, 76, 73–76 (in Russ.).
10. Temerev S.V., Indyushkin I.V. Khimichesky monitoring snezhnogo pokrova v oblasti vliyaniya Barnaula. *Izvestiya AGU*. 2010, 67(1-3), 196–203 (in Russ.).
11. Guns D.W., Hoffmann M.R. Field investigations on the snow chemistry in central and southern California-II. Carbonyls and carboxylic acids. *Atmos. Environ.* 1990, 24A(7), 1673–1684.
12. Kos G., Ariya P.A. Determination of a wide range of volatile and semivolatile organic compounds in snow by use of solid-phase micro-extraction (SPME). *Anal. Bioanal. Chem.* 2006, 385, 57–66.
13. Sieg K., Fries E., Puttmann W. Analysis of benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes and n-aldehydes in melted snow water via solid-phase dynamic extraction combined with gas chromatography/mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*. 2008, 1178, 178–186.
14. Sukharev S., Mariychuk R., Onysko M., Sukhareva O., Delean-Kokaiko S. Fast determination of total aldehydes in rainwaters in the presence of interfering compounds. *Environ. Chem. Lett.* 2019. Access mode: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10311-019-00875-z>.
15. Massovaya kontsentratsiya formaldegida v probakh atmosfernogo vozdukh. Metodika izmereny fotometricheskim metodom s atsetilatsetonom: *RD 52.04.823-2005*. Vvedena 01.10.2016 (in Russ.).
16. Childs C. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst. *ArcUser*. 2004, 3, 32–35.
17. http://www.gmc.uzhgorod.ua/za_n.php.