

## ГІГІЄНА ВОДИ І ОХОРОНИ ВОДОЙМИЩ

### HYGIENE OF WATER AND WATER RESERVOIRS PROTECTION

<https://doi.org/10.32402/hygiene2021.71.082>  
УДК 614.777:543.3:547.4

#### ФОРМАЛЬДЕГІД У ПИТНИХ ВОДАХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зоріна О.В.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМНУ», м. Київ

**Мета:** гігієнічна оцінка якості питної води України щодо вмісту формальдегіду.

**Матеріали та методи дослідження:** досліджено якість води Дніпровського водосховища біля берегових насосних станцій I підйому, питної після очищення на водопровідній станції та з крану споживачів комбінату ПАТ «Запоріжсталь» (близько 100 проб), із свердловин в різних областях України та фасованої у полімерну тару (близько 150 проб). Методи: санітарно-хімічні, статистичний, аналітичний.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Проведено моніторингові дослідження води водопровідної станції промислового підприємства України, у межах першого та другого поясів зони санітарної охорони водозабірних споруд якого знаходяться випуски зворотних вод. У питній воді виявлено речовини, що належать до другого класу небезпеки, а саме: формальдегід у концентрації до 1,4 ГДК та хлороформ – до 2,3 ГДК. Встановлено, що формальдегід через водоочисні споруди транзитом надходить у питну воду, де під час хлорування утворюються тригалогенметани, що збільшує ризики для здоров'я людей через ефект сумарності. Моніторингові дослідження якості води із свердловин, які знаходяться у різних областях України, та фасованої питної показали наявність у їх складі формальдегіду, що виявляється у концентраціях до 4 ГДК та свідчить про понаднормативну міграційну здатність полімерних матеріалів, які використовуються у свердловині в ролі конструкційних та/або для фасування питної води. У сучасних умовах недосконалості діючого законодавства формальдегід слід віднести до проблемних показників якості питної води України. На підставі проведених досліджень запропоновано внести зміни у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», зокрема, зазначити у документі, що формальдегід слід визначати у питній воді не тільки після її озонування, але й у разі її контакту з полімерними матеріалами. Зазначене враховано у розробленому проєкті нової редакції відповідних ДСанПіН, який підтримано установами медичного профілю з напрямком наукової діяльності у сфері питного водопостачання та знаходиться в МОЗ України.

**Ключові слова:** формальдегід, тригалогенметани, питна вода, вода із свердловин.

#### FORMALDEHYDE IN DRINKING WATERS ACCORDING TO THE RESULTS OF THE RESEARCH

O.V. Zorina

State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public Health NAMSU», Kyiv

**Objective:** hygienic assessment of the quality of drinking water in Ukraine in terms of formaldehyde content.

**Materials and methods:** studies of water quality of the Dnieper Reservoir near onshore pumping stations of the first rise, drinking after treatment at the water supply station and from the tap of consumers of PJSC «Zaporizhstal» (about 100 samples), from wells in different regions of Ukraine and packaged in plastic containers (about 150 samples). Methods: sanitary-chemical, statistical, analytical.

**Results and conclusions.** Monitoring studies of the water of the water supply station of the industrial enterprise of Ukraine, within the first and second zones of the zone of sanitary protection of water intake structures, which contain return water discharges, were carried out. Substances belonging to the second hazard class were found in drinking water, namely: formaldehyde in concentrations up to 1.4 hygienic standard and chloroform - up to 2.3 hygienic standard. It has been established that formaldehyde enters drinking water in transit through water treatment plants, where trihalogen methanes are formed during chlorination, which increases the risks to human health due to the summation effect. Monitoring studies of water quality from wells located in different regions of Ukraine and packaged drinking water showed the presence of formaldehyde in their composition, which is found in concentrations up to 4 hygienic standard and indicates the excessive migration capacity of polymeric materials used in the well as structural and / or for packing of drinking water. In the current conditions of imperfection of the current legislation, formaldehyde should be attributed to the problematic indicators of drinking water quality in Ukraine. On the basis of the conducted researches, it is offered to make changes in DSanPiN 2.2.4-171-10 «Hygienic requirements to drinking water intended for human consumption», in particular, to note in the document that formaldehyde should be defined in drinking water not only after its ozonation, but also in case of its contact with polymeric materials. This is taken into account in the developed draft of a new version of the relevant DSanPiN, which is supported by medical institutions with the direction of scientific activities in the field of drinking water supply and is located in the Ministry of Health of Ukraine.

**Keywords:** formaldehyde, trihalomethanes, drinking water, water from wells.

Джерела виникнення та поширення формальдегіду у довкіллі можуть мати як природний характер (спалювання органічних матеріалів, утворення у повітрі під час окиснення летких органічних речовин або у водоймах при опроміненні залишків органічної речовини сонячним світлом тощо), так і антропогенний (видобуток нафти, промислові викиди, виробничі стічні води, будівельні матеріали та споживчі товари, які виділяють формальдегід тощо).

Стверджується, що у навколишньому середовищі формальдегід розпадається на нешкідливі сполуки, однак за даними проведених наукових досліджень цією речовиною можуть бути забруднені: ґрунти на діючих кладовищах [1], повітря біля автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту та у закритих приміщеннях, косметика, одяг, їжа, вода [2,3].

За даними ВООЗ, у питній воді формальдегід може виявлятися через те, що ця сполука є побічним продуктом дезінфекції (озонування або хлорування) або може мігрувати з певних сантехнічних приладів та пакувальних матеріалів. Результати досліджень свідчать, що в озонованій воді може виявлятися формальдегід у концентрації близько 30 мкг/л, у фасованих питних водах Китаю – 129 мкг/л. За результатами інших дослідників [4], формальдегід виявлявся у всіх зразках бутильованої мінеральної води Японії у концентраціях 10,1-27,9 мкг/л, при цьому ацетальдегід – 44,3-107,8 мкг/л. З 11 європейських зразків бутильованої води вісім не містили ні формальдегід, ні ацетальдегід, тоді як у трьох інших були виявлені формальдегід (7,4-13,7 мкг/л) та ацетальдегід (35,9-46,9 мкг/л). З-поміж трьох зразків бутильованої води у Північній Америці два містили формальдегід (13,6 та 19,5 мкг/л) та ацетальдегід (41,4 та 44,8 мкг/л). Зроблено висновок, що формальдегід та ацетальдегід мігрують з ПЕТ-матеріалів, але згодом розкладаються гетеротрофними бактеріями у нестерилізованій воді.

Формальдегід є визнаним канцерогеном, який здебільшого токсичний у разі вдихання, контакту зі шкірою або ковтання [1,8]. Міжнародне агентство досліджень раку повідомляє, що є «достатні докази» того, що формальдегід канцерогенний для людини, коли вдихається. За результатами проведених токсикологічних досліджень, тривалий вплив

формальдегіду, що потрапляє всередину організму щурів, призводить до втрати ваги та пошкодження шлунку та травної системи. Хронічний вплив формальдегіду через наявність у питній воді викликає лейкемії та пухлини шлунково-кишкового тракту щурів Sprague-Dawley (SD) та передньошлункової залози папіломи у самців щурів Wistar [5-7].

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» у питній воді контролюють вміст формальдегіду лише у разі її озонування (гігієнічний норматив  $\leq 0,05$  мг/л, санітарно-токсикологічна ознака шкідливості, 2 клас небезпеки). Цей метод знезараження використовується на поодиноких підприємствах питного водопостачання, а отже контроль якості питної води за вмістом формальдегіду майже не проводиться. Тому з врахуванням вищезазначеного на сьогодні є актуальним проведення гігієнічної оцінки якості питної води щодо вмісту формальдегіду.

**Мета:** гігієнічна оцінка якості питної води України щодо вмісту формальдегіду.

**Матеріали та методи дослідження:** проведені дослідження якості води Дніпровського водосховища біля берегових насосних станцій I підйому, питної після очищення на водопровідній станції та з крану споживачів комбінату ПАТ «Запоріжсталь» (близько 100 проб), із свердловин та фасованої у споживчу полімерну тару (близько 150 проб). Методи: санітарно-хімічні, статистичний, аналітичний.

**Результати та їх обговорення.** Однією із основних проблем у сфері питного водопостачання є порушення вимог до зон санітарної охорони водозаборів. Зокрема, водозбір питного водопостачання ПАТ «Запоріжсталь» (БНС-1 та БНС-2) експлуатується з порушенням вимог законодавства щодо здійснення природоохоронних та санітарних заходів на території зон санітарної охорони. У межах першого та другого поясів зони санітарної охорони водозбірних споруд знаходяться випуски зворотних вод. Для отримання питної води на очисній водопровідній станції застосовуються традиційні методи очищення: первинне хлорування, коагуляція (гідроксихлоридом алюмінію «Полвак-68»), освітлення (освітлювачі та швидкі двошарові безнапірні фільтри із гравієм та піском), вторинне хлорування (рідким хлором). Дози реагентів, що використовуються на станції: хлору – від 3,0 мг/л до 5,5 мг/л, коагулянту – від 40 мг/л до 64 мг/л. Взимку у разі поліпшення якості сирової води коагулянт може не використовуватися.

Результати проведених особистих досліджень якості води вихідної та питної водопровідної станції ТОВ «ЗМК «Запоріжсталь» показали, що застосована традиційна технологія очищення води р. Дніпро не дозволяє стабільно доводити якість питної води до гігієнічних вимог за 9-ма такими показниками: формальдегід, нікель, феноли, забарвленість, загальне залізо, марганець, ПО, хлороформ та сума ТГМ (табл. 1).

Таблиця 1. Якість вихідної та питної води водопровідної станції ТОВ «ЗМК «Запоріжсталь» упродовж року.

Показник, одиниця виміру	Вихідна вода			Питна вода		
	min	max	med, $M \pm m$ , n=12	min	max	med, $M \pm m$ , n=12
Забарвленість, град.	19,00	34,50	24,58 $\pm$ 1,51	0	24,00	16,00 $\pm$ 2,02
Залізо загальне, мг/л	0,27	0,48	0,34 $\pm$ 0,02	0,13	0,94	0,34 $\pm$ 0,06
Марганець, мг/л	0,01	0,30	0,05 $\pm$ 0,03	0,01	0,20	0,06 $\pm$ 0,02
Нікель, мг/л	0,02	0,04	0,02 $\pm$ 0,002	0,02	0,04	0,02 $\pm$ 0,002
Формальдегід*, мг/л	0,03	0,06	0,04 $\pm$ 0,004	0,03	0,07	0,04 $\pm$ 0,004
ПО, мг/л	6,60	11,00	8,01 $\pm$ 0,35	5,90	10,40	7,48 $\pm$ 0,34
Нафтопродукти, мг/л	0,005	2,800	0,360 $\pm$ 0,25	0,005	0,005	0,005 $\pm$ 0,00
Феноли, мг/л	0,0005	0,006	0,002 $\pm$ 0,005	0,0005	0,005	0,003 $\pm$ 0,0005
Хлороформ*, мкг/л	1,50	1,50	1,50 $\pm$ 0,00	1,00	138,00	88,68 $\pm$ 16,24
ТГМ (сума)*, мкг/л	1,5	1,5	–	1,3	182,5	–

Примітка: \* речовини із санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості, що належать до другого класу небезпеки.

Із таблиці 1 видно, що забруднюючі речовини антропогенного походження річкової води, у тому числі формальдегід, транзитом надходять у питну воду через традиційні водопровідні очисні споруди, та разом з побічними продуктами дезінфекції (ТГМ) утворюють ризики для здоров'я людей.

Дослідження підземної води у промисловій зоні міста Києва (свердловина №2 глибиною 144 м) показали, що якість води із свердловини характеризується понаднормативним вмістом формальдегіду (0,06 мг/л), загального заліза (0,45 мг/л) та загальної жорсткості (7,5 ммоль/л). Вода із свердловини №2 «Фортеця» КП «Ізмаїльське ВУВКГ» у Одеській області характеризується понаднормативним вмістом формальдегіду (0,20 мг/л), нікелю (0,06 мг/л), фенолів (0,03 мг/л) та заліза (1,42 мг/л), а вода із свердловини глибиною 160 м ТОВ «ПРОДПОСТАЧ» у с. Іванівці Чернівецької області – формальдегіду (0,06 мг/л), амонію (5,0 мг/л). Проведений аналіз якості підземної води із свердловини глибиною 147 м, що розташована в с. Глібівка Київської області у лісовій зоні (порушень вимог законодавства щодо зон санітарної охорони не виявлено), також підтвердив наявність її забруднення формальдегідом (0,18 мг/л) та фенолами (0,0074 мг/л). Відповідне забруднення води із артезіанських свердловин формальдегідом виявлено у: с. Білогородка Київської області (0,19 мг/л), с. Михайлівка Полтавської області (0,07 мг/л), с. Вища Дубечня Київської області (0,13 мг/л). Загалом вміст формальдегіду у питній воді із свердловин та фасованій у полімерну споживчу тару виявлявся у концентраціях від 0,5 ГДК до 1 ГДК у 15% проб, а у понаднормативних концентраціях (>1 ГДК до 4 ГДК) у 10% проб від загальної кількості досліджених.

Через вищезазначене можна зробити висновок, що забруднення питної води із свердловин та фасованої формальдегідом здійснюється через понаднормативну міграційну здатність полімерних матеріалів, що використовуються у свердловині в ролі конструкційних (обсадних труб та фільтрів) та/або полімерної тари для фасування.

### Висновки

1. У сучасних умовах недосконалості діючого законодавства із захисту довкілля та санітарно-епідемічного благополуччя населення формальдегід слід віднести до пріоритетних забруднювачів питної води України.
2. На підставі проведених досліджень запропоновано внести зміни у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», зокрема, зазначити у документі, що формальдегід слід визначати у питній воді не тільки після її озонування, але й у разі її контакту з полімерними матеріалами. Зазначене враховано у розробленому проєкті нової редакції відповідних ДСанПіН (наказ №275 від 10.11.2020 р. Міністерства розвитку громад та територій України), який підтримано установами медичного профілю з напрямком наукової діяльності у сфері питного водопостачання та знаходиться в МОЗ України.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Sunette van Allemann, Jana Olivier, Matthys A. Dippenaar. A laboratory study of the pollution of formaldehyde in cemeteries (South Africa). *Environmental Earth Sciences*. 2018. Is. 1/2018. DOI : <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7219-z>.
2. M.L. Merchán, J. De La Serna. Formaldehyde as an indoor pollutant. *Toxicological & Environmental Chemistry*. Vol. 13. 1986. Is. 1-2. Tunga Salthammer. Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. *Building and Environment*. 2019. Vol. 150. P. 219-232. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.042>.
3. Meihua Qu, Jing Lu, and Rongqiao He. Formaldehyde from Environment. 2017. *Formaldehyde and Cognition*. P. 1-19. DOI : [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1177-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1177-5_1).
4. M. Mutsuga, Y. Kawamura, Yoshiko Sugita-Konishi, Y. Hara-Kudo. Migration of formaldehyde and acetaldehyde into mineral water in polyethylene terephthalate (PET) bottles. *PubMed. Food Additives and Contaminants*. 2006. Vol. 23(2). P. 212-8. DOI : <https://doi.org/10.1080/02652030500398361>.

5. Meehye Lee and Brian G., Daniel J. Jacob Harvard, Glen Sachse, Bruce Anderson. Hydrogen peroxide, organic hydroperoxide, and formaldehyde as primary pollutants from biomass burning. *Jornal of geophysical research*. 1997. Vol. 102. P. 1301-1309. DOI : <https://doi.org/10.1029/96JD01709>.
6. Soffritti M., Maltoni C., Maffei F., Biagi R. Formaldehyde: An experimental multipotential carcinogen. *Toxicol. Ind. Health*. 1989. Vol. 5. P. 699-730. DOI : <https://doi.org/10.1177/074823378900500510>.
7. Takahashi M., Hasegawa R., Furukawa F., Toyoda K., Sato H., Hayashi Y. Effects of ethanol, potassium metabisulfite, formaldehyde and hydrogenperoxide on gastric carcinogenesis in rats after initiation with N-methyl-N'-nitro-N-nitosoguanidine. *Jpn. J. Cancer Res*. 1986. Vol. 77. P. 118-124.
8. Owen BA, Dudney CS, Tan EL, Easterly CE. Formaldehyde in drinking water: comparative hazard evaluation and an approach to regulation. *Regul Toxicol Pharmacol*. 1990. Vol. 11(3). P. 220-36. DOI : [https://doi.org/10.1016/0273-2300\(90\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0273-2300(90)90023-5).

## REFERENCES

1. Sunette van Allemann, Jana Olivier, Matthys A. Dippenaar. A laboratory study of the pollution of formaldehyde in cemeteries (South Africa). *Environmental Earth Sciences*. 2018 ; 1. DOI : <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7219-z>.
2. Merchán M.L., De La Serna J. Formaldehyde as an indoor pollutant. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 1986 ; 13 (1-2). Tunga Salthammer. Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. *Building and Environment*. 2019 ; 150 : 219-232. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.042>.
3. Meihua Qu, Jing Lu, and Rongqiao He. Formaldehyde from Environment. *Formaldehyde and Cognition*. 2017 : 1-19. DOI : [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1177-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1177-5_1).
4. Mutsuga M., Kawamura Y., Sugita-Konishi Yoshiko, Hara-Kudo Y. Migration of formaldehyde and acetaldehyde into mineral water in polyethylene terephthalate (PET) bottles. *PubMed. Food Additives and Contaminants*. 2006 ; 23 (2) : 212-218. DOI : <https://doi.org/10.1080/02652030500398361>.
5. Meehye Lee and Brian G., Daniel J. Jacob Harvard, Glen Sachse, Bruce Anderson. Hydrogen peroxide, organic hydroperoxide, and formaldehyde as primary pollutants from biomass burning. *Jornal of geophysical research*. 1997 ; 102 : 1301-1309. DOI : <https://doi.org/10.1029/96JD01709>.
6. Soffritti M., Maltoni C., Maffei F., Biagi R. Formaldehyde: An experimental multipotential carcinogen. *Toxicol. Ind. Health*. 1989 ; 5 : 699-730. DOI : <https://doi.org/10.1177/074823378900500510>.
7. Takahashi M., Hasegawa R., Furukawa F., Toyoda K., Sato H., Hayashi Y. Effects of ethanol, potassium metabisulfite, formaldehyde and hydrogenperoxide on gastric carcinogenesis in rats after initiation with N-methyl-N'-nitro-N-nitosoguanidine. *Jpn. J. Cancer Res*. 1986 ; 77 : 118-124.
8. Owen B.A., Dudney C.S., Tan E.L., Easterly C.E. Formaldehyde in drinking water: comparative hazard evaluation and an approach to regulation. *Regul Toxicol Pharmacol*. 1990 ; 11 (3) : 220-236. DOI : [https://doi.org/10.1016/0273-2300\(90\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0273-2300(90)90023-5).

Надійшла до редакції / Received: 18.10.2021