

## КАНЦЕРОГЕННІ ДОМІШКИ ПИТНОЇ ВОДИ

*В статті розглянуті проблеми утворення канцерогенних домішок в процесі знезараження питної води. Встановлено, що зниження канцерогенних домішок в питній воді може бути досягнуто як технологічними прийомами, так і використанням активованого розчину коагулянту сульфату алюмінію.*

**Ключові слова:** знезараження хлором, питна вода, активовані реагенти, коагуляція, адсорбційна ємність, канцерогенні домішки.

### Постановка проблеми

У практиці питної води одним з основних засобів обробки, що забезпечують її надійне знезараження, а також дозволяє підтримувати санітарний стан очисних споруд, є хлорування.

Практичне застосування хлору й хлормістких реагентів, що концентрувалися у водопровідно-каналізаційних господарствах країни ускладняється цілою низкою необхідних мір по забезпеченню техніки безпеки при роботі та зберіганні цих сильнодіючих отруєних речовин (СДОР), багаточисленними операціями по ретельному очищенні, дозації й введенню окислювача в оброблювану воду [1].

На об'єктах великої продуктивності (потреба в окислювачі більше 500 кг/доб) у існуючому стані повна відмова від використання рідкого хлору не виправдана. На таких об'єктах необхідно, використовуючи останні досягнення в галузі хімії та технології води, прямувати до зниження разових доз активного хлору, планомірно здійснювати заходи по покращенню фізико-хімічних і гігієнічних показників якості води.

На цей час особливе значення для невеликих водокористувачів набувають науково-технічні розробки, що направлені на забезпечення населення якісною питною водою, очищення стічних вод. Великий інтерес подають безреагентні методи водообробки в умовах значно змінного складу та кількості забруднення природних джерел водопостачання.

Активний хлор при дії з неорганічними й органічними домішками води бере участь у реакціях скисання, заміщення й приєднання.

Органічний склад природних вод формується при участі ґрунтового та торф'яного гумусу, планктону, вищих водних трав'янистих фітоценозів, тваринних організмів, а також органічних речовин, що вносяться до водоймища у зв'язку з розвитком міського населення, промисловості та сільського господарства.

Присутність у воді цих сполучень погіршує її органолептичні показники, обумовлює її високу кольоровість, погіршення смаку й запаху та негативний вплив на організм людини.

Значні кількості органічних речовин попадають у воду внаслідок розпаду вищого трав'янистого фітоценозу, життєдіяльності та відмирання планктону, особливо нижчої водорості і променятих грибків.

Разом із стічними та дренажними водами сільськогосподарських ланів органічний склад природних вод збагачується найбільш небезпечними забрудненнями – пестицидами, серед яких багато токсичних та органічних речовин, як, наприклад, хлор- і фосфорорганічні сполучення, похідні нітрофенолів та карбомінових кислот, ароматичних карбонових кислот та ін. [2].

Токсичні, мутагенні, канцерогенні та речовини, що містять хлор, утворюються при хлоруванні природних і стічних вод з наявністю гумусу та інших органічних речовин, особливо ацетільних і дікетонних груп. На це хлорування надходить від 1 до 10% хлору, який витрачається, в основному, на обробку води.

В даній роботі розглянуті умови утворення канцерогенних домішок питної води в результаті знезараження хлором та шляхи зниження канцерогенних домішок в питній воді, яка утворюється при знезараженні її хлором.

При обробці води активним хлором утворюються особливо небезпечні речовини [3]:

- хлороформ, що наділений канцерогенною активністю;
- діхлорбромметан, хлорбромметан, трибромметан, що наділені мутагенними властивостями;
- 2, 4, 6-трихлорфенол, 2-хлорфенол, діхлорцетонітріл, хлоргієредін, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), що є імунотоксичними та канцерогенними.

### Формулювання мети статті

Науково-технологічне обґрунтування зниження канцерогенних домішок питної води при знезараженні її хлором.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Запропоновані основні заходи, що подають утворення цих небезпечних речовин при хлоруванні природних вод:

- зменшення концентрації хлору у зоні реакції (зменшення разових доз хлору);
- зменшення тривалості контакту з вільним хлором (перенос точок вводу хлору в кінець технологічної схеми);
- застосування хлорування зв'язаним хлором, що має значно меншу реакційну спроможність;
- усунення основної маси органічних речовин коагулюванням та адсорбцією хлору.

Ряд онкоепідеміологічних досліджень дозволяє припустити існування взаємозв'язку між захворюваністю населення окремими формами злоякісних новоутворень та вмістом у питній воді (ГСС) сполучень, що містять галогени (і, насамперед, концентрація – хлороформу).

Виявлена група високопріоритетних сполучень, що містять галогени, які утворюються при хлоруванні води та чинять канцерогенну й мутагенну дію.

У США отримані дані, що свідчать про зв'язок між концентрацією ГСС у питній воді та частотою випадків захворювання та смертності від раку січового міхура, шлунково-кишкового тракту та інших органів.

У ряді країн встановлені ПДК суми тригалогенметанів (ТГМ) у питній воді, мкг/л: у США та Японії – 100, в ФРГ і Угорщині – 50, у Швеції – 25.

В таблиці наведений орієнтовно-безпечний рівень впливу (ОБРВ) ЛГС на людину з обліком біологічної активності (спроможності речовин викликати різні види онкологічних захворювань).

Дані досліджень вказують, що адсорбційна ємність гідроокису алюмінію при використанні активованого розчину коагулянту залежить від низки факторів, які визначають режим активації. За даними експерименту, найкращі результати отримані при напруженості магнітного поля 85-95 кА/м та кількості введеного анодно-розчиненого заліза 1200-1350 мг/дм<sup>3</sup>.

Адсорбційна ємність гідроокису алюмінію при цих параметрах збільшується у середньому на 29,3–31,2%.

Встановлено, що обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє збільшити адсорбційну ємність гідроокису алюмінію, що утворюється у процесі очищення води, внаслідок чого процеси очищення води інтенсифікуються, повніше викорис-

товується адсорбційна ємність коагуляційних структур, на що вказують електронно-мікроскопічні дослідження. Спеціальні електронно-мікроскопічні дослідження, виконанні за допомогою електронного мікроскопа EM-200, показали, що феромагнітні аквакомплекси підвищують адсорбційну ємність гідроокисів та інших сполучень реагентів, що сприяє більш інтенсивному видаленню ЛГС та інших канцерогенних домішок.

Таблиця 1

Високопріоритетні ЛГС та їх допустимі концентрації у питній воді

Сполучення	ОБРВ за токсичною ознакою шкідливості	ОБРВ враховуючи біологічну активність
хлороформ	1	0,06
чотирьоххлористий вуглець	0,4	0,006
1, 2-діхлоретан	0,1	0,02
1,1-діхлоретілен	6	0,0006
трихлоретілен	0,8	0,06
тетрахлоретілен	0,2	0,02

Дослідження, проведені на воді очисних споруд одного з міст України, показали, що при обробці хлором вихідної води, що містить органічні речовини природного (гумінові та фульвокислоти) та промислового джерела (ароматичні й аліфатичні вуглеводи, роданіди, діфеніл, нафталін, пестициди та ін.), утворюються токсичні хлорпохідні сполучення: хлорфеноли, хлорціаніди, тригалогенметани (особливо хлороформ) хлоровані ароматичні поліциклічні вуглеводи (ПАВ), поліхлоровані дифеніли або біфеніли (ПХБ) та ін. Нерідко значна частина канцерогенних речовин утворюється внаслідок наявності у вихідній воді домішок отрутохімікатів і мінеральних добрив, що використовуються у сільськогосподарському виробництві, а саме, трифлана, метафоса, амофоса, кристаліка та ін., а також забруднення вихідної води стічними водами промислових підприємств [4].

Технологічні схеми очищення води, які використовуються в Україні, розраховані на очищення води від колоїдних і зважених речовин та її знезараження. При цьому при знезараженні води хлором у воді, що очищається, з'являються леткі тригалометани і інші хлорорганічні сполуки, які визнані ВООЗ канцерогенами.

### Виклад основного матеріалу

Дослідження, що виконані на очисних спорудах водопроводу, показують, що вміст канцерогенних домішок у вихідній воді досить високий (табл. 1).

Таблиця 1

Концентрації канцерогенних домішок у питній воді очисних споруд водопроводу при обробці звичайним коагулянтном за 2012-2014 рр.

Період відбору	Масова концентрація, мкг/л							ПАУ	ПХБ
	ЛГС (усього)	у тому числі							
		хлороформ	чотирихлористий вуглець	трихлоретилен	тетрахлоретилен	інші			
<b>Липень</b>	183,8	40,9	30,2	17,6	24,1	69,9	22,6	26,0	
	184,7	41,5	30,0	17,8	24,9	70,6	22,6	26,6	
	184,3	41,5	31,3	17,7	24,8	71,0	22,9	26,9	
Середнє значення	184,6	41,3	30,5	17,7	24,6	70,5	22,7	26,5	
<b>Вересень</b>	254,6	82,8	50,9	24,6	30,9	64,9	28,0	32,8	
	255,0	82,8	51,8	25,0	31,8	65,5	28,8	34,1	
	255,1	82,2	51,5	25,6	30,0	65,2	28,7	33,9	
Середнє значення	255,3	82,6	51,4	25,2	30,9	65,2	28,5	33,6	
<b>Листопад</b>	292,9	103,1	61,5	32,0	35,6	59,8	30,3	36,7	
	292,8	102,0	61,8	32,9	35,0	60,7	30,8	36,9	
	292,1	102,1	61,5	32,6	35,9	60,7	30,7	36,5	
Середнє значення	292,6	102,4	61,6	32,5	35,5	60,4	30,6	36,7	

Аналіз даних свідчить, що зі зниженням температури води вміст ЛГС збільшується. Так якщо, в липні концентрація ЛГС становила в середньому 32,7 мкг/л, то у вересні - 59,5 мкг/л, в листопаді - 75,8 мкг/л, таким чином, спостерігається підвищення концентрації ЛГС з пониженням температури води.

Зменшення самоочищуючої здібності водосховища з пониженням температури вихідної води позначається і на наявності хлороформу і чотирихлористого вуглецю: хлороформ в липні і вересні у вихідній воді був відсутній, а в листопаді ці концентрації становили в середньому 12,6 мкг/л; чотирихлористий вуглець у липні був відсутній, у вересні його концентрація була 11,8 мкг/л, у листопаді - 12,1 мкг/л.

Аналогічні явища спостерігаються і з іншими канцерогенними домішками, такими як трихлоретилен, тетрахлоретилен та ін. Концентрація ПАУ в липні-вересні перебувала приблизно на одному рівні (11,7 і 10,5 мкг/л); з пониженням температури в листопаді вона збільшилася до 16,8 мкг/л [5].

Наявність у вихідній воді поліхлорованих біфенілів у липні становило в середньому

10,2 мкг/л, у вересні - 18,6, в листопаді - 20,1 мкг/л, тобто спостерігалася загальна, зазначена раніше тенденція до підвищення канцерогенних домішок з пониженням температури вихідної води. Останнє можна пояснити зменшенням самоочищуючої здібності водосховища.

Концентрацію ЛГС у воді на очисних спорудах можна значно знизити використанням активованого розчину коагулянту. Так, при обробці води звичайним коагулянтном загальна концентрація ЛГС в липні, вересні та листопаді була відповідно 184,6; 255,3 і 292,6 мкг/л, а при використанні активованого розчину коагулянту - 87,6; 75,8; 124,2 мкг/л, що в процентному співвідношенні складає відповідно 47,5; 13,7 і 42,4%.

Слід відзначити збільшення концентрації ЛГС у питній воді зі зниженням її температури: липень - 184,6 мкг/л; вересень - 255,3 мкг/л; листопад - 292,6 мкг/л. На концентрацію високопріоритетних ЛГС у питній воді сильно впливає використання активованого розчину коагулянту. Так, концентрація хлороформу при використанні звичайного і активованого коагулянтів становила: в липні - 41,3 і 21,6 мкг/л; у вересні - 82,6 і 35,4 мкг/л і в листопаді - 102,4 і 42,2

мкг/л, тобто процентне зниження, відповідно, 52,3; 42,8 і 41,1%.

Обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє значно знизити як ПАУ, так і ПХБ у питній воді в порівнянні зі звичайною коагуляцією:

	ПАУ, мкг/л	ПХБ, мкг/л
<b>Липень</b>		
Звичайний коагулянт	22,7	26,5
Активованій коагулянт	11,3	8,1
<b>Вересень</b>		
Звичайний коагулянт	28,5	33,6
Активованій коагулянт	15,1	13,2
<b>Листопад</b>		
Звичайний коагулянт	30,6	36,7
Активованій коагулянт	17,1	14,4

Аналіз зміни концентрації канцерогенних домішок у питній воді під час хлорування води і коагулюванні її звичайним і активованим розчином коагулянту показує, що при звичайному коагулюванні спостерігається більше збільшення канцерогенних домішок у питній воді, ніж при використанні активованого розчину коагулянту. Останнє відноситься до концентрації ЛГС, як загальної, так і окремих її компонентів, мкг/л:

	<b>Звичайний коагулянт</b>
ЛГС (усього)	Збільшення на 151,9-216,8
Хлороформ	Збільшення на 41,3-89,8
	<b>Активованій коагулянт</b>
ЛГС (усього)	Збільшення на 45,9-54,9
Хлороформ	Збільшення виділяється на 21,6-35,4

Чотирихлористий вуглець, тріхлор- і тетрахлоретилен змінюються в ряді випадків при використанні активованого розчину коагулянту дещо по-іншому, а саме: спостерігається не приріст, а зменшення цих компонентів ЛГС, мкг/л:

	<b>Звичайний коагулянт</b>
Чотирихлористий вуглець	Збільшення на 30,5-49,5
Тетрахлоретилен	Збільшення на 13,2-17,8
	<b>Активованій коагулянт</b>
Чотирихлористий вуглець	Зменшення на 6,5

Тетрахлоретилен Зменшення на 5,8-10,3 на 21,6-35,4

Аналогічне явище спостерігається і зі зміною ПХБ, мкг/л:

	<b>Звичайний коагулянт</b>
ПХБ	Збільшення на 14,6-16,3
	<b>Активованій коагулянт</b>
ПХБ	Зменшення на 12,1-7,7

Результати експериментальних даних свідчать о складності наблюдаемых явлений и возможности снижения канцерогенных примесей в питьевой воде при обработке ее активированным раствором коагулянта [6,7].

### Висновки

1. Практичне застосування хлору й хлормістких реагентів, що концентрувалися у водопровідно-каналізаційних господарствах країни ускладняється цілою низкою необхідних мір по забезпеченню техніки безпеки при роботі та зберіганні цих сильнодіючих отруєних речовин (СДЯВ), а також із знезараженням води при використанні господарсько-питного водопостачання.

2. Токсичні, мутагенні, канцерогенні та речовини, що містять хлор, утворюються при хлоруванні природних і стічних вод з наявністю гумусу та інших органічних речовин, особливо ацетільних і дікетонових груп. На це хлорування надходить від 1 до 10% хлору, який витрачається, в основному, на обробку води.

3. Запропоновані основні заходи, що подають утворення цих небезпечних речовин при хлоруванні природних вод.

4. Встановлено, що обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє збільшити адсорбційну ємність гідроокису алюмінію, що утворюється у процесі очищення води, внаслідок чого процеси очищення води інтенсифікуються, повніше використовується адсорбційна ємність коагуляційних структур, на що вказують електронно-мікроскопічні дослідження.

5. Необхідно продовжити дослідження в області зниження канцерогенів в питній воді за допомогою фізико-хімічних методів знезараження води з метою підвищення екологічної безпеки питної води в системах господарсько-питного водопостачання.

### Література

1. Красовский, Г.Н. Хлорирование воды как фактор повышенной опасности для здоровья населения [Текст] / Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария. - 2003. - № 1.
2. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» [Текст].

3. Найманов, А.Я. Водоснабжение. [Текст] / А.Я. Найманов, С.Б. Никиша, Г.Н. Насонкина, Н.П. Омельченко, В.Н. Маслак, Н.И. Зотов, А.А. Найманова // Донецк: Издательство «Норт-Пресс», 2004. – 649с.
4. Кантор, Л.И. Некоторые закономерности образования тригалогенметанов при обеззараживании воды [Текст] / Л.И. Кантор, С.В. Харабрин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004, №4, ч. 2 – С. 45-47.
5. Насонкина, Н.Г. Приготовление воды высокого качества [Текст] / Н.Г. Насонкина // Экология Донбасса. Водные ресурсы: Сб. научн. тр. / НАН Украины. Ин-т экономики пром-ти. – Донецк. – 2003. – С. 217-222.
6. Душкин, С. С. Применение магнитной обработки для снижения бактериальных загрязнений [Текст] / С.С. Душкин, А.И. Шахов, // Городское хозяйство Москвы, 1965, №10.
7. Душкин, С.С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды [Текст]: монография / С.С. Душкин, Г.И. Благодарная, Харьк. нац. акад. городск. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2009. – 95с.

### Reference

1. Krasovskii, G., Egorova, N. (2003). Chlorination of water as a factor of increased danger to public health. *Hygiene and Sanitation*, 1.
2. DBN V.2.5-74: (2013). "Water supply. External networks and facilities".

3. Naimanov, A., Nikisha, S., Nasonkina, N., Omelchenko, N., Maslak, V., Zotov, N., Naimanova A. (2004). *Water supply. Donetsk: Publisher "North Press", 649.*
4. Cantor, L., Kharabrin, S. (2004). Some regularities in the formation of trihalomethanes in the disinfection of water. *Water supply and sanitary engineering*, 4, 2, 45-47.
5. Nasonkina, N. (2003). Preparation of high quality water. *Ecology of Donbass. Water resources: collection of scientific papers. NAS of Ukraine. Institute of industrial economics. Donetsk*, 217-222.
6. Dushkin, S., Shakhov, A. (1965) Application of magnetic treatment to reduce bacterial contamination. *City Economy of Moscow*, 10.
7. Dushkin, S, Vlagodarnaya, G. (2009). Development of scientific foundations of resource-saving technologies for the preparation of environmentally safe drinking water. Monograph. *Kharkov: HNAMEG*, 95.

**Рецензент:** д.т.н., професор Ф.В. Стольберг, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

**Автор:** ДУШКІН Станіслав Сергійович  
канд. техн. наук, старший викладач.  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail - D.akaSS@ukr.net

## CARCINOGENIC ADMIXTURES OF DRINKING WATER

S. Dushkin

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In the article are considered the problems of the formation of carcinogenic admixtures in the process of disinfection of drinking water and the scientific and technological substantiation of reduction of carcinogenic admixtures of drinking water at disinfection with its chlorine is given.*

*The practical application of chlorine and chloric reagents concentrated in the water supply and sewage treatment facilities of the country is complicated by a number of necessary measures to ensure safety during the operation and storage of these potent poisonous substances, numerous operations for thorough cleaning, dosing and introduction of the oxidant into treated water.*

*The presence in the water of these compounds worsens its organoleptic characteristics, causes its high color, deterioration of taste and smell and negative impact on the human body.*

*Toxic, mutagenic, carcinogenic and substances containing chlorine are formed by chlorination of natural and sewage waters with the presence of humus and other organic substances, especially acetyl and diketone groups. On this chlorination comes from 1 to 10% of chlorine, which is spent, mainly on water treatment.*

*It was established that the treatment of water with activated solution of coagulant allows to increase the adsorption capacity of aluminum hydroxide formed during the process of water purification, as a result of which the processes of water purification are intensified, the adsorption capacity of coagulation structures is more fully utilized, as evidenced by electron microscopic studies. Special electron microscopy studies performed using the EM-200 electron microscope showed that ferromagnetic aqua complexes increase the adsorption capacity of hydroxides and other compounds of reagents, which contributes to more intensive removal of volatile halogen-containing compounds and other carcinogenic admixtures.*

**Keywords:** chlorine disinfection, drinking water, activated reagents, coagulation, adsorption capacity, carcinogenic admixtures.