

## Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE  
OPEN ACCESS

### ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ХЛОРУВАННІ ПИТНОЇ ВОДИ

С. С. Душкін<sup>1</sup><sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДК 628.16

DOI: 10.5281/zenodo.4300779

Отримано: 01 жовтня 2020

Прийнято: 26 листопада 2020

**Cite as:** Dushkin S. (2020). Increasing of technological and ecological safety level during drinking water chlorination. Technogenic and ecological safety, 8(2/2020), 60–69. doi: 10.5281/zenodo.4300779

#### Анотація

Органічний склад природних вод формується при участі ґрунтового і торф'яного гумусу, планктону, вищої водної рослинності, тваринних організмів, а також органічних речовин, що вносяться до водойми в зв'язку з розвитком міських поселень, промисловості та сільського господарства.

Присутність у воді гумінових сполук погіршує її органолептичні показники, обумовлює високу кольоровість, погіршення смаку і запаху води, підвищену піноутворюючість та негативну дію на організм людини.

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

Під час підготовки питної води при використанні хлорвмісних реагентів виникає техногенний вплив на навколишнє середовище, робочий персонал і виробничий продукт - воду.

У статті розглядаються особливості утворення канцерогенних домішок при підготовці екологічно чистої питної води.

При обробці води активним хлором утворюються особливо небезпечні речовини. Такими речовинами є: хлороформ, що має канцерогенну активність; діхлорбромметан, хлорідбромметан, поліхлоровані біфеніли (ПХБ) – імунотоксичні та канцерогенні.

На утворення канцерогенних домішок при знезараженні питної води хлором впливає ряд чинників, до числа яких належать: температура води, рН, концентрація органічних речовин у воді, що освітлюється. Дослідження виконані на очисних спорудах господарсько-питного водопроводу в одному з міст України.

На вміст канцерогенів у питній воді надають вплив температура води, рН, концентрація органічних домішок, а також технологія підготовки питної води.

Встановлено, що з підвищенням температури води, що освітлюється, спостерігається збільшення летючих галогеномісних сполук (ЛГС), що, мабуть, пов'язано з впливом температури води на кінетику швидкості реакції хлору з органічними речовинами, які знаходяться у вихідній воді.

рН води надає певний вплив на кількість ЛГС, що утворюються при знезараженні води – спостерігається збільшення ЛГС з підвищенням рН води.

Встановлено, що обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє збільшити адсорбційну ємність гідроксиду алюмінію, що утворюється в процесі очистки води, внаслідок чого процеси очищення води інтенсифікуються, повніше використовується адсорбційна ємність коагуляційних структур.

Виконані дослідження дозволяють рекомендувати технологію обробки питної води активованим розчином коагулянту з метою зниження техногенно-екологічної безпеки питної води.

**Ключові слова:** екологічна безпека питної води, коагуляція, канцерогенні домішки, органічні речовини, активований розчин коагулянту, адсорбційна ємність гідроксиду алюмінію, залишковий вміст алюмінію.

**Постановка проблеми.** В даний час особлива увага приділяється підвищенню надійності процесу підготовки питної води, екологічній безпеці, розробки нових ефективних методів розробки, впровадження ресурсозберігаючих процесів [1, 2]. При цьому найбільш перспективними є методи пов'язані із застосуванням технологічно обґрунтованих схем і розробкою нових методів, які дозволяють не тільки підвищувати ефективність водопідготовки, а й екологічну безпеку питної води, найважливішим елементом якої є зміст канцерогенних домішок у питній воді [3-5].

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

Практичне застосування хлору й хлормісних реагентів, що концентрувалися у водопровідно-каналізаційних господарствах країни ускладнюється цілою низкою необхідних мір по забезпеченню техніки безпеки при роботі та зберіганні цих

сильнодіючих отруєних речовин (СДОР), багаточисленними операціями по ретельному очищенні, дозації та введенню окислювача у воду, що обробляється [6].

На об'єктах великої продуктивності (потреба в окислювачі більше 500 кг/добу) в 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 з покращення фізико-хімічних та 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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**  
Складність складу природних вод, наявність в ній широкого спектра органічних та неорганічних речовин, що реагують з хлором, є причиною того, що до теперішнього часу ці складні процеси комплексно оцінюються лише сумарною характеристикою – величиною поглинання хлору.

На рисунку 1 наведено основні типи кривих поглинання хлору. Так, вода, яка не містить речовин, що взаємодіють з хлором, не має поглинання хлору (крива 1). Крива 2 характеризує води, що містять сполуки, які легко окислюються, а крива 3 – що містять гумусові та інші речовини, які повільно окислюються (характерно для поверхневих вод, що не містять амонійних сполук. Присутність у воді амонійних сполук або органічних речовин з аміногрупами дає на кривій поглинання хлору (рис. 1 б) характерний максимум і мінімум – точки А і С [7].

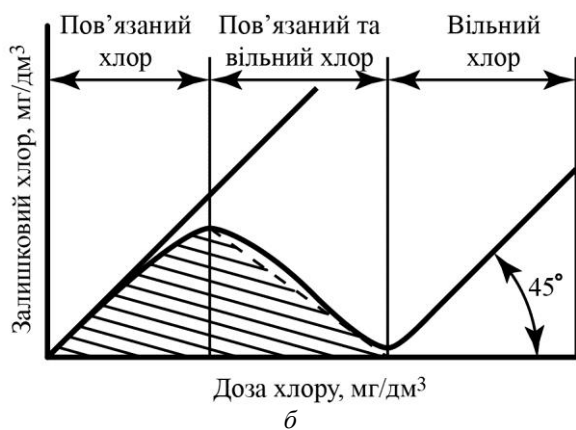
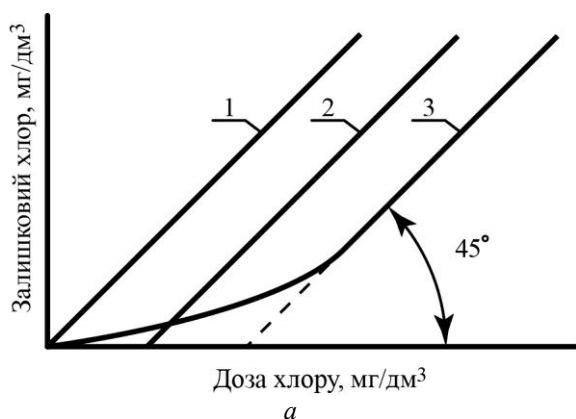


Рисунок 1 – Основні типи кривих поглинання хлору при відсутності (а) і в присутності у воді аміаку (б):

- 1 – при відсутності речовин, що окислюються;
  - 2 – при наявності речовин, що легко окислюються;
  - 3 – при наявності гумусових речовин.
- ▨ – зона вільного хлору

Органічний склад природних вод формується при участі ґрунтового і торф'яного гумусу, планктону, вищої водної рослинності, тварин організмів, а також органічних речовин, що вносяться до водойми в зв'язку з розвитком міських поселень, промисловості та сільського господарства [8, 9].

Частіше за інші органічні речовини в природних водах знаходяться гумусові сполуки, феноли, вуглеводні, поверхнево-активні речовини та домішки.

Присутність у воді цих з'єднань погіршує її органолептичні показники, обумовлює високу кольоровість, погіршення смаку і запаху води, підвищену піноутворюваність та негативну дію на організм людини [10, 11].

Орієнтовні кількості хлору (у відсотках від загальної дози хлору), що витрачаються на різні види реакцій з органічними речовинами природної води, такі:

Окислення органічних речовин до CO <sub>2</sub>	50-80
Утворення галогенацетонітрила	0-5
Утворення тригалогенметанів (ТГМ)	0,5-5
Утворення хлорвмісних сполук (без ТГМ)	1-6
Утворення хлорфенолів	0,1
Інші реакції	0,5-1,1

Утворення хлорвмісних токсичних, мутагенних та канцерогенних речовин відбувається під час хлорування природних і стічних вод з наявністю гумусу та інших органічних речовин, особливо з ацетильними і дікетонними групами. На це хлорування йде від 1 до 10 % хлору, який витрачається в основному на обробку води.

При обробці води активним хлором утворюються особливо небезпечні речовини. Такими речовинами є: хлороформ, що має канцерогенну активність; діхлорбромметан, хлорідбромметан, поліхлоровані біфеніли (ПХБ) – імунотоксичні та канцерогенні [12-14].

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.

**Постановка задачі та її рішення.**

*Мета та основні задачі.* Зниження техногенно-екологічного впливу знезараження питної води на утворення канцерогенних домішок.

*Обсяг дослідження.* Рівень екологічної безпеки на очисних спорудах водопроводу при підготовці питної води.

*Предмет дослідження.* Технологія вилучення канцерогенних домішок при хлоруванні питної води.

*Методи досліджень.* Для досягнення поставленої мети виконані теоретичні та експериментальні дослідження в лабораторно-пілотних умовах. Рівень зниження канцерогенів оцінювали наявністю їх під час хлорування питної води.

У даній роботі розглянуто особливості утворення канцерогенних домішок при підготовці екологічно чистої питної води на очисних спорудах систем питного водопостачання.

На утворення канцерогенних домішок при знезараженні питної води хлором впливає ряд чинників, до числа яких належать: температура води, рН, концентрація органічних речовин у воді, що освітлюється.

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/дм<sup>3</sup>: у США та Японії – 100, в ФРГ і Угорщині – 50, у Швеції – 25.

В таблиці 1 наведений орієнтовно-безпечний рівень впливу (ОБРВ) ЛГС на людину з обліком бластомогенної активності (спроможності речовин викликати різні види онкологічних захворювань).

Таблиця 1 – Високопріоритетні ЛГС та їх допустимі концентрації у питній воді

Сполучення	ОБРВ за токсичною ознакою шкідливості	ОБРВ враховуючи бластомогенну 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

**1) Вплив температури води, що освітлюється, на утворення летючих галогеномістких сполук (ЛГС) в питній воді.**

Вплив температури на утворення ЛГС у питній воді вивчалось при температурі води 1,0-1,5°C, 8,5-12,0°C та 20,0-23,5°C, які характерні для води дослідженого джерела водопостачання в осінньо-зимовий період, весняно-осінній та літній періоди. Результати досліджень наведені на рисунку 2.

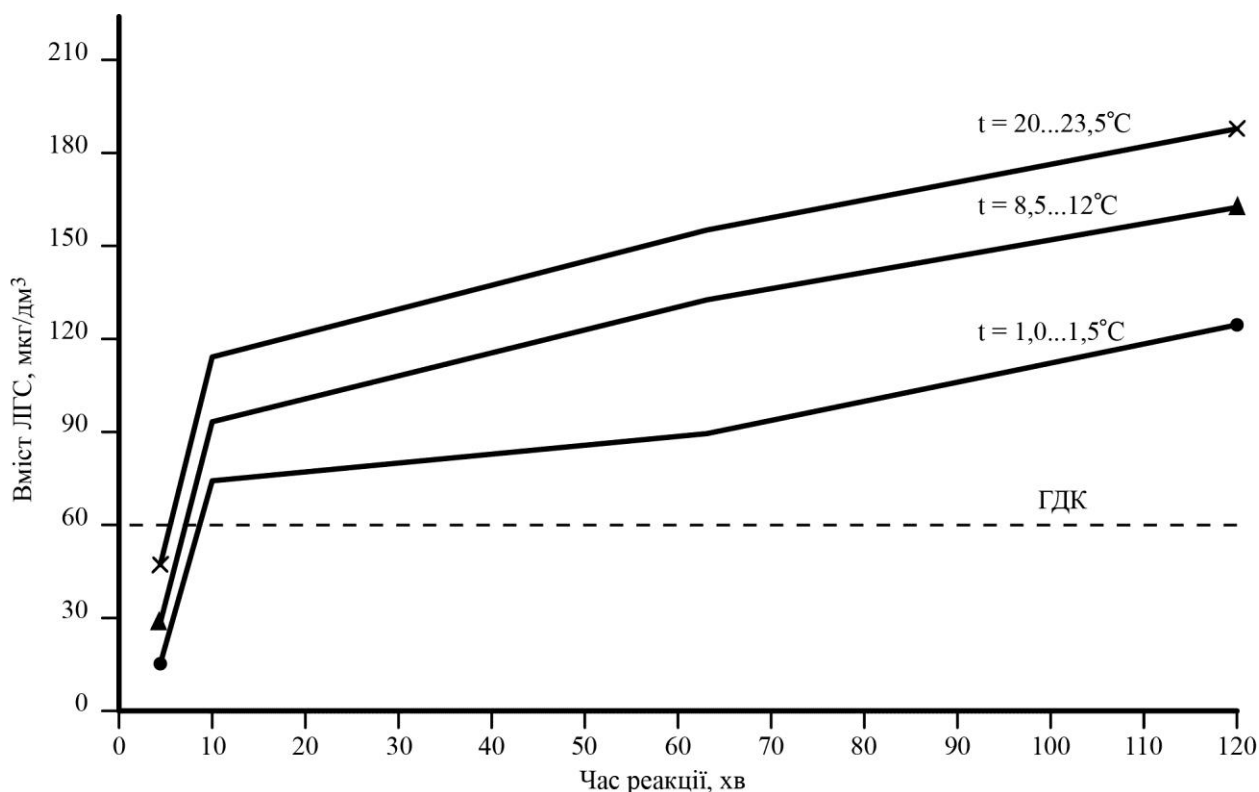


Рисунок 2 – Вплив температури на утворення ЛГС (доза хлору 2 мг/дм<sup>3</sup>)

Дослідні дані показують істотний вплив температури на утворення ЛГС у питній воді. Так, при температурі води 1,0-1,5°C, вміст ЛГС у питній воді при досліджених інтервалах відстоювання становить відповідно 14,5-126,2 мкг/дм<sup>3</sup>, при температурі води 8,5-12,0°C – 27,5-164,4 мкг/дм<sup>3</sup> і при температурі води 20,0-23,5°C – 47,2-191,4 мкг/дм<sup>3</sup>, тобто спостерігається збільшення ЛГС у питній воді при підвищенні температури.

Одна з причин спостережуваного явища є вплив температури води на кінетику швидкості реакції хлору з органічними речовинами, що знаходяться у вихідній воді, таких як оксополук, що мають одну або кілька карбонільних груп та ін.

**2) Вплив рН**

Аналіз якісних показників води, що надходить на очисні споруди водопроводу, показує, що величина рН протягом року не перевищує 9,0 і не опускається нижче 7,0:

Температура води	pH
1,0-1,5°C	7,5
8,5-12,0°C	8,0
20,0-23,5°C	8,5

Зимовий період	pH	в середньому в 4,1 рази
Період весняного паводку	6,0	в середньому в 1,5 рази
Літній період	6,0	в середньому в 3,8 рази
	7,0	в середньому в 1,7 рази
	6,0	в середньому в 3,1 рази
	7,0	в середньому в 1,7 рази

Встановлено, що величина pH в зимовий період може бути прийнята в середньому 7,5; в період весняного паводку і частково в осінній період – 8,0; в літній період – 8,5, тобто з підвищенням температури вихідної води спостерігається тенденція до збільшення pH води.

Час реакції хлору з домішками води становив 120 хв. Дослідження виконані за схемою:

Температура води	1,5°C	12°C	23,5°C
pH	6; 7; 7,5	6; 7; 8	6; 7; 8,5

Результати виконаних досліджень наведені на рисунку 3.

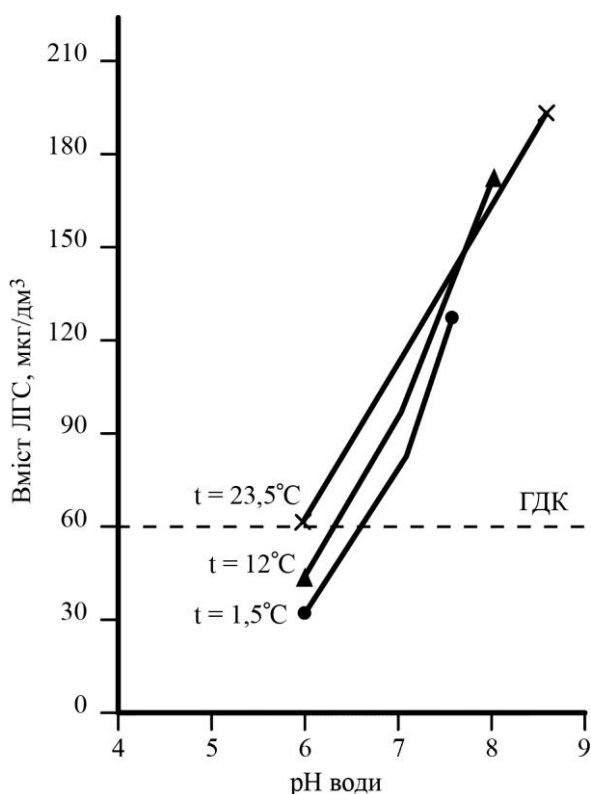


Рисунок 3 – Вплив pH на утворення ЛГС

Встановлено, що pH води надає певне значення на кількість ЛГС, що утворюються, як правило, відрізняється збільшення ЛГС з підвищенням pH води. Це спостерігається у всьому інтервалі досліджених температур. Так, при температурі води 1,5°C вміст ЛГС при pH 6; 7; 7,5 становить, відповідно, 31,5; 81,2 і 126,2 мкг/дм³; при температурі води 12°C – відповідно 43,8; 95,8 і 164,4 мкг/дм³; при температурі води 23,5°C – 62,5; 114,4; 191,4 мкг/дм³, тобто має місце досить значне збільшення ЛГС у питній воді з підвищенням pH і води, що обробляється.

Зниження pH води дозволяє зменшити вміст ЛГС у питній воді в середньому на:

Коригування pH питної води з метою зниження вмісту ЛГС не завжди можливе з технічних, санітарних та інших причин.

### 3) Вплив концентрації органічних речовин на вміст ЛГС

Склад органічних забруднень, що містяться у вихідній воді очисних споруд визначали за методикою АКХ ім. К.Д. Памфілова [15].

Аналіз якісних показників вихідної води показав, що вміст органічних речовин у воді в залежності від пори року та інших чинників коливається в межах 1,5-2,5 мг/дм³. Саме в цьому діапазоні вмісту органічних речовин і проведені дослідження. Вміст гумінової кислоти і фульвокислот в процентному співвідношенні наведено вище.

При виконанні досліджень визначали вміст хлороформу як одного з головних складових ЛГС, вміст якого практично завжди вище вмісту інших складових ЛГС у питній воді. Одночасно визначали загальний вміст ЛГС, який за середнім значенням становить 205,4 мкг/дм³. Вміст хлороформу за дослідними даними, що наведено на рисунку 4, показує, що його кількість концентрації в питній воді залежить від вмісту як гумінових, так і фульвокислот. При цьому фульвокислоти (колоїдні + істинно розчинні) надають більш значний вплив на утворення хлороформу, так, при контрольному досліді вміст гумінових кислот – 2,39 мг/дм³, фульвокислот – 4,41 мг/дм³, вміст у воді хлороформу складо, відповідно, 79,5 мкг/дм³ і 110,8 мкг/дм³ при загальному вмісті ЛГС 205,4 мкг/дм³.

Більш високий вміст хлороформу у питній воді може бути пояснено підвищеною дозою хлорування і використанням хімічно чистих розчинів гумінових і фульвокислот, в той час як інші домішки, що зазвичай містяться в природній воді, пов'язують в певній кількості хлор, який використовується для знезараження води.

Дослідні дані показують, що найбільший вміст ЛГС у вихідній воді має місце в липні місяці, що, мабуть, пов'язано з інтенсивним цвітінням води. Найменший вміст ЛГС спостерігається в зимовий період, що пов'язано зі зменшенням гумінових та інших домішок у воді, що освітлюється.

Динаміка зміни канцерогенних домішок у питній воді в залежності від технології підготовки наведена в таблиці 2.

При обробці води звичайним розчином коагулянту концентрація ЛГС в липні, вересні та листопаді становить, відповідно, 184,6; 255,3 та 292,6 мкг/дм³, а при застосуванні активованого розчину коагулянту, відповідно, 87,6; 105,4 та 124,2 мкг/дм³ і т.д., що дозволяє рекомендувати активований розчин коагулянту в технології підготовки питної води.

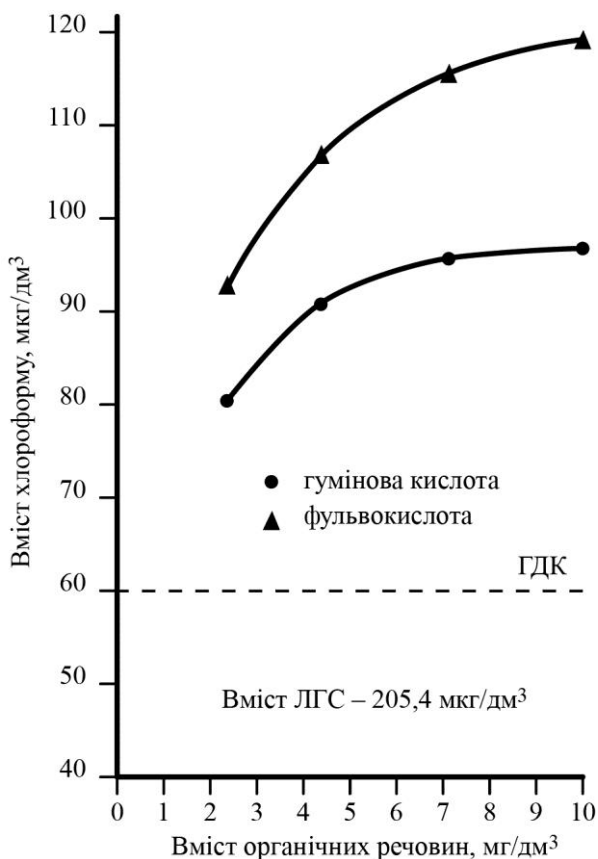


Рисунок 4 – Вміст хлороформу в залежності від концентрації органічних речовин

Адсорбція колоїдних частинок залежить від їх дисперсності – адсорбція колоїдів тим більше, чим вище їх дисперсність і чим менше їх стійкість.

При використанні активованого розчину сульфату алюмінію підвищується здатність гумінів адсорбуватися на гідроксидах коагулянту сульфату алюмінію в середньому на 20-30%. Апроксимація експериментальних даних в програмі Excel дозволяє вивести закономірність питомої адсорбційної ємності в залежності від параметрів активації коагулянту сульфату алюмінію (табл. 3) [16].

При підготовці питної води зниження вмісту канцерогенних домішок досягається в основному за рахунок адсорбційних процесів, які мають місце при введенні реагентів у воду, що освітлюється [17, 18].

Обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє збільшити гідравлічну крупність коагульованої зависі. Найбільш сильний вплив активований розчин коагулянту надає на гідравлічну крупність зависі 0,2 мм/с і менше, тобто на найбільш дрібну завис та завис, що важко видаляється, що створює умови для більш інтенсивного осадження її у відстійниках та підвищення якості води, яка подається на швидкі фільтри [19, 20].

Обробку води активованим розчином коагулянту доцільно виконувати при вмісті у воді, що освітлюється, завислих речовин до 100-150 мг/дм³. Забарвленість води, що освітлюється, при обробці активованим розчином коагулянту сульфату алюмінію не залежить від вмісту завислих речовин і в 1,5-1,6 рази нижче забарвленості при використанні звичайного розчину коагулянту [21, 22].

Обробка води активованим розчином коагулянту дозволяє збільшити адсорбційну ємність гідроксиду алюмінію, що утворюється в процесі очистки води, внаслідок чого процеси очищення води інтенсифікуються, повніше використовується адсорбційна ємність коагуляційних структур.

Нерідко значна частина канцерогенних речовин утворюється внаслідок наявності у вихідній воді домішок отрутохімікатів і мінеральних добрив, що використовуються в сільськогосподарському виробництві, зокрема, тріфлана, метафосу, амофосу, кристаліну та ін., а також забруднення вихідної води стічними водами промислових підприємств.

Динаміка зміни концентрації хлорованих поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) і поліхлорвінілових дифенілів та біфенілів (ПХБ) при використанні активованого розчину коагулянту приведена в таблиці 4.

Таблиця 2 – Динаміка зміни канцерогенних домішок (ЛГС) в залежності від технології підготовки питної води

Період досліджень	Масова концентрація ЛГС, мкг/дм³			Величина довірчого інтервалу		
	Вихідна вода	Технологія підготовки питної води		Вихідна вода	Технологія підготовки питної води	
		Хлорування + звичайний розчин коагулянту	Хлорування + активований розчин коагулянту		Хлорування + звичайний розчин коагулянту	Хлорування + активований розчин коагулянту
Липень 2018 р.	31,4 33,5 33,2	183,8 184,7 184,3	87,8 87,2 87,8			
Середнє значення	32,7	184,6	87,6	31,6<a<33,1	182,7<a<185,1	86,1<a<89,3
Вересень 2018 р.	59,7 58,9 60,5	254,8 255,0 255,1	105,0 105,4 105,8			
Середнє значення	59,5	255,3	105,4	58,3<a<61,4	259,2<a<256,4	104,3<a<106,8
Листопад 2018 р.	75,7 75,2 75,8	292,9 292,8 292,1	125,0 124,1 123,5			
Середнє значення	75,8	292,6	124,2	74,1<a<77,2	290,8<a<253,0	122,6<a<126,3

Таблиця 3 – Зміна питомої адсорбційної ємності гідроксиду алюмінію в залежності від параметрів активації

Серія дослідів	Параметри активації		Питома адсорбційна ємність, Г, мг/г	
	Напруженість магнітного поля, Н, кА/м	Вміст анодно-розчиненого заліза, Fe <sup>3+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	розрахунковим шляхом	дослідним шляхом
1	–	–	–	344,2
	200	Fe <sup>3+</sup> =350 мг/дм <sup>3</sup>	398,8	399,2
	350	розчина коагулянту (const)	420,5	415,1
	450		424,6	421,3
	550		431,5	433,6
2	–	–	–	353,3
	H=450 кА/м (const)	150	408,6	410,1
		250	421,5	422,5
		375	436,5	442,3
		425	435,8	443,6

Таблиця 4 – Динаміка зміни концентрації ПАВ і ПХБ при використанні активованого розчину коагулянту

Період досліджень	Масова концентрація канцерогенів, мкг/дм <sup>3</sup>		
	Вихідна вода	Технологія підготовки питної води	
		Хлорування + звичайний розчин коагулянту, мкг/дм <sup>3</sup> (ПАВ)	Хлорування + активований розчин коагулянту, мкг/дм <sup>3</sup> (ПХБ)
Липень 2018 р.	11,7	22,7	26,5
Вересень 2018 р.	10,2	28,5	15,1
Листопад 2018 р.	16,8	30,6	36,7

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

В результаті використання активованого розчину коагулянту спостерігається зниження в питній воді ПАВ в 1,8-2 рази, ПХБ – в 2,5-3,2 рази.

Абсолютне зниження канцерогенних домішок при обробці води активованим розчином коагулянту наведено в таблиці 5.

Липень

Звичайний коагулянт 22,7 26,5  
 Активований коагулянт 11,3 8,1

Вересень

Звичайний коагулянт 28,5 33,6  
 Активований коагулянт 15,1 13,2

Листопад

Звичайний коагулянт 30,6 36,7  
 Активований коагулянт 17,1 14,4

ПАВ, мкг/дм<sup>3</sup> ПХБ, мкг/дм<sup>3</sup>

Таблиця 5 – Зниження канцерогенних домішок при обробці води активованим розчином коагулянту

Період досліджень	ЛГС (всього)	Масова концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>						
		В тому числі						
		хлороформ	чотирихлористий вуглець	трихлоретилен	тетрахлоретилен	інші	ПАВ	ПХБ
Липень 2018 р.	97,0	19,7	14,8	13,1	19,8	30,3	11,4	16,4
Вересень 2018 р.	149,9	47,2	33,1	17,0	23,5	30,1	13,4	20,4
Листопад 2018 р.	168,4	60,2	41,1	21,4	25,7	18,8	13,5	22,3

Дослідні дані показують, що при використанні активованого розчину коагулянту спостерігається зниження канцерогенних домішок, мкг/дм<sup>3</sup>:

ЛГС (всього) на 97,0-168,4

Хлороформ на 19,7-60,6

Чотирихлористий вуглець на 14, 8-41

Трихлоретилен на 13,1-21,4

Тетрахлоретилен на 19,8-25,7 і т.д.

Слід звернути увагу на досить значне зниження концентрації ПАВ і ПХБ, мкг/дм<sup>3</sup>:

ПАВ – 11,4-13,5;

ПХБ – 16,4-22,3.

Слід зазначити, що при звичайному коагулюванні спостерігається більше збільшення канцерогенних домішок у питній воді, ніж при використанні активованого розчину коагулянту.

**Висновки:**

1. Основну частину органічних речовин складають гумінові сполуки, що визначають забарвленість природних вод. Гумінові речовини – це високополімерні сполуки циклічної будови, що складаються головним чином з вуглецю, водню та кисню. Хлорування – процес водопідготовки, який полягає у додаванні елемента хлору в воду як спосіб знезараження води, щоб зробити її придатною для споживання людиною в якості питної води. Канцерогенні речовини та речовини, що містять хлор, утворюються при хлоруванні природних вод з наявністю гумусу та інших органічних речовин.

2. Обробка води активованим розчином коагулянту сульфату алюмінію дозволяє збільшити адсорбційну ємність гідроксиду алюмінію, внаслідок чого процеси очищення питної води від

канцерогенних домішок інтенсифікуються, повніше використовується адсорбційна ємність коагуляційних структур.

3. Аналіз зміни концентрації канцерогенних домішок у питній воді під час хлорування води і коагулюванні її звичайним та активованим розчином коагулянту показує, що при звичайному коагулюванні спостерігається більше збільшення канцерогенних домішок у питній воді, ніж при використанні активованого розчину коагулянту.

4. Аналіз виконаних досліджень дозволяє рекомендувати технологію обробки питної води активованим розчином коагулянту з метою зниження техногенно-екологічної безпеки питної води.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Турай, А. М. Водопостачання [Текст]: підручник / А. М. Турай, В. О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
2. Dushkin S.S., Galkina, O.P. More Effective Clarification Water at Coke Plants. *Coke Chem.* **62**, 474–480 (2019). <https://doi.org/10.3103/S106864X19100041>.
3. Анализ существующих методов повышения эффективности работы для подготовки воды / Эпоян С.М., Душкин С.С., Сташук В.А. // Вісник ХНУБА, - Харків; ХОТВ АБУ, 2012 - Вип.67 - С. 261-265.
4. Підвищення екологічної безпеки при підготовці питної води з використанням модифікованого кварцового завантаження фільтруючих матеріалів / Душкін С.С. // Науково-технічний журн. Техногенно-екологічна безпека, № 6 (2/2019). – Харків, 2019. – С. 54-59.
5. Dushkin S.S., Martynov S., Dushkin S.S. 2019. Intensification of work of contact clarifiers during the drinking water preparation. / *Journal of Water and Development.* №41 (IV-VI) p/ 55-60. DOI 10.2478/jwld – 2019 – 0027.
6. Дмитрієва О.О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України [Текст] / О.О. Дмитрієва – К.: РВПС України НАН України, 2008. – 459 с. – 300 прим. ISBN 978-966-02-4709-3.
7. Душкин С.С. Водоподготовка и процессы микробиологии. Учеб. пособие / С.С. Душкин, Л.И. Дегтерёва, Л.В. Крамаренко, А.Л. Яровинская. – Киев: Вища школа, 1996. – 164 с.
8. Вишневський В.І. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра: Наукове видання / В.І. Вишневський, В.А. Сташук, А.М. Сакевич. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 188 с.
9. Водні ресурси: використання, охорона, відтворення управління: Підручник для студентів ВНЗ / А.В. Яцик, Ю.М. Грищенко, Л.А. Волкова, І.А. Пашенюк. – Київ: Генеза, 2007. – 360 с.
10. 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.
11. Маслюк А.И., Давиденко А.И. Хлораторные установки водопроводно-канализационного хозяйства. К.: Будівельник, 1989. – 112 с.
12. Эпоян, С.М. Снижение агрегативной устойчивости коллоидной примеси природных вод активированным раствором коагулянта сульфата алюминия [Текст] / С.М. Эпоян, С.С. Душкин // MOTROL. – Lublin-Rzeszow, 2013. – Vol. 15, No 5. – P. 11-16.
13. Кантор, Л.И., Харабрин, С.В. 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.
14. Красовский, Г.Н., Егорова, Н.А. Хлорирование воды как фактор повышенной опасности для здоровья населения [Текст] / Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария, 2003, № 1. – С. 17-21.
15. Методика определения гуминовых веществ в природных водах. – М.: Изд-во АКХ им. Панфилова, 1954. – № 2. С.34.
16. Володченко О.В. Анализ методов интенсификации работы очистных сооружений / О.В. Володченко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: «Техника», 2002. – Вып. 36. – С. 267–271.
17. Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
18. Orlov V., Martynov S., Kunytsky S. (2016). Water deferrization in polystyrene foam filters with sediment layer, *LAP LAMBERT Academic Publishin, Germany, Saarbrücken*, – p. 104.
19. Методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды / Душкин С.С. // Коммунальное хозяйство міст - Харків; ХНАМГ, 2012 - Вип. 105 - С. 320-334.
20. Эпоян С.М. Активированные растворы реагентов в процессах очистки природных вод. / С.М. Эпоян, С.С. Душкин // Водопостачання та водовідведення: Вироб.-практ. Журнал. К.: Гнозіс, 2012. – № 4. – С. 8-10. Программа и тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. – Харьков, 2012 – С. 126.
21. Патент 103295 Україна, Спосіб приготування розчину алюмоаміачного коагулянту для очищення природних і стічних вод / Эпоян С.М., Душкін С.С.; заявник та власник ХНУБА. № у 201210965; заявл. 19.09.2012; опубл. 25.09.2013. Бюл. №18.
22. Эпоян С.М. Использование активированных растворов реагентов при подготовке экологически чистой питьевой воды / С.М. Эпоян, С.С. Душкин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2013. Вип. 73. – С. 253-258.

**Dushkin S.**

## **INCREASING OF TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL SAFETY LEVEL DURING DRINKING WATER CHLORINATION**

Organic composition of natural waters is formed with the participation of soil and peat humus, plankton, higher aquatic vegetation, animal organisms, and organic substances introduced into water bodies in connection with the development of urban settlements, industry and agriculture.

The presence in water of humic compounds worsens its organoleptic characteristics, results in a high chroma, the deterioration of the taste and odor of water, increased spanglement and a negative effect on the human body.

In the practice of drinking water one of the main processing means, providing reliable disinfection, as well as helping to maintain the sanitary condition of sewage treatment plants, is chlorination.

During the preparation of drinking water when using chlorine-containing reagents, there is a technogenic impact on the environment, working personnel and the produced product - water.

The article considers peculiarities of formation of carcinogenic impurities when preparing ecologically pure drinking water.

In water treatment active chlorine are formed particularly hazardous substances. These substances are: chloroform with carcinogenic activity; dichlorobromomethane, chloride bromomethane, polychlorinated biphenyls (PCBs) – immunotoxic and carcinogenic.

On the formation of carcinogenic impurities in the drinking water disinfection by chlorine is affected by several factors including: water temperature, pH, concentration of organic substances to lighten the water. The studies were performed in wastewater treatment plants drinking water in one of the cities of Ukraine.

The content of carcinogens in drinking water are influenced by water temperature, pH, concentration of organic impurities, the technology of preparation of drinking water.

It is established that with increasing temperature, lighten the water, there is an increase of volatile halogenated compounds, which is apparently associated with the effect of water temperature on the kinetics of the reaction rate of chlorine with organic substances in the source water.

pH has a definite influence on the number of of volatile halogenated compounds, which are formed during the disinfection of water – an increase of of volatile halogenated compounds with increasing water pH.

Found that water treatment activated solution of coagulant allows to increase the adsorption capacity of aluminum hydroxide formed in the water purification process, resulting in the processes of water treatment intensification, fuller used the adsorption capacity of coagulant structures.

The performed studies allow us to recommend the technology of drinking water treatment with activated coagulant solution in order to reduce the technogenic and environmental safety of drinking water.

**Keywords:** ecological safety of drinking water, coagulation, carcinogenic impurities, organic substances, activated solution of coagulant, adsorption capacity of aluminum hydroxide, residual aluminum content.

### **REFERENCES**

1. Tugaj, A. M., Orlov, V. O. (2009). Vodopostachannya [Tekst]: pidruchnik. K, Znannya, 735.
2. Dushkin, S.S., Galkina, O.P. (2019). More Effective Clarification Water at Coke Plants. *Coke Chem.* 62, 474–480 <https://doi.org/10.3103/S106864X19100041>.
3. Epoyan, S.M., Dushkin, S.S., Stashuk, V.A. (2012). Analiz sushchestvuyushchih metodov povysheniya effektivnosti raboty dlya podgotovki vody. *Naukovyy visnyk budivnytstva, Kharkiv*, 67, 261-265.
4. Dushkin, S.S. Pidvyschennia ekolohichnoi bezpeky pry pidhotovtsi pytnoi vody z vykorystanniam modyfikovanoho kvartsovoho zavantazhennia filtruiuchykh materialiv (2019). *Naukovo-tekhnichnyi zhurn. Tekhnogenno-ekolohichna bezpeka, Kharkiv*, 6, 2, 54-59.
5. Dushkin, S.S., Martynov, S., Dushkin, S.S. (2019). Intensification of work of contact clarifiers during the drinking water preparation. *Journal of Water and Development*. 41 (IV-VI), 55-60. DOI 10.2478/jwld – 2019 – 0027.
6. Dmytriieva, O.O. (2008). Ekolohichno bezpechne vodokorystuvannia u naselenykh punktakh Ukrainy [Tekst]. K, RVPS Ukrainy i NAN Ukrainy, 459.
7. Dushkin, S.S., Degteriyova, L.I., Kramarenko, L.V., Yarovinskaya, A.L. (1996). Vodopodgotovka i processy mikrobiologii. *Ucheb. posobie. K, Vishcha shkola*, 164.
8. Vyshnevskiy, V.I., Stashuk, V.A., Sakevych, A.M. (2011). Vodohospodarskyi kompleks u baseini Dnipra: Naukove vydannia. K, Interpres LTD, 188.
9. Yatsyk, A.V., Hryshchenko, Yu.M., Volkova, L.A., Pashcheniuk, I.A. (2007). Vodni resursy: vykorystannia, okhorona, vidtvorennia upravlinnia: *Pidruchnyk dlia studentiv VNZ. K, Geneza*, 360.
11. Nasonkina, N.G. (2003). Prigotovlenie vody vysokogo kachestva [Tekst]. *Ekologiya Donbassa. Vodnye resursy. Sb. nauchn. tr. / NAN Ukrainy. In-t ekonomiki prom-ti. Doneck*. 217-222.
11. Maslyuk, A.I., Davidenko, A.I. (1989). Hloratornye ustanovki vodoprovodno-kanalizatsionnogo hozyajstva. K, Budivel'nik, 112.
12. Epoyan, S.M., Dushkin, S.S. (2013). Snizhenie agregativnoj ustojchivosti kolloidnoj primesi prirodnyh vod aktivirovannym rastvorom koagulyanta sul'fata alyuminiya [Tekst]. *MOTROL. Lublin-Rzeszow*, 15, 5, 11-16.
13. Kantor, L.I., Harabrin, S.V. (2004). Nekotorye zakonomernosti obrazovaniya trigalogenmetanov pri obezzarazhivani vedy [Tekst]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 4, 2, 45-47.
14. Krasovskij, G.N., Egorova, N.A. (2003). Hlorirovanie vody kak faktor povyshennoj opasnosti dlya zdorov'ya naseleniya [Tekst]. *Gigiena i sanitariya*, 2003, 1, 17-21.
15. Metodika opredeleniya guminovykh veshchestv v prirodnykh vodah. (1954). M, Izd-vo AKKH im. Panfilova, 2, 34.
16. Volodchenko, O.V. Analiz metodov intensifikatsii raboty ochistnykh sooruzhenij. (2002). *Kommunal'noe hozyajstvo gorodov. Nauch.-tekh. sb. K, «Tekhnika»*, 36, 267–271.
17. Koganovskij, A.M., Klimenko, N.A., Levchekno, T.M., Roda, I.G. (1990). Adsorbcija organicheskikh veshchestv iz vody. L, Himiya, 256.
18. Orlov, V., Martynov, S., Kunitsky, S. (2016). Water deferrization in polystyrene foam filters with sediment layer, *LAP LAMBERT Academic Publishin, Germany, Saarbrücken*, 104.
19. Dushkin, S.S. (2012). Metodologicheskie aspekty provedeniya issledovanij pri ispol'zovanii aktivirovannykh rastvorov koagulyantov v processe ochistki vody. *Komunal'ne gospodarstvo mist. Kharkiv; HNAMG*, 105, 320-334.
20. Epoyan, S.M., Dushkin, S.S. (2012). Aktivirovannye rastvory reagentov v processah ochistki prirodnyh vod. *Vodopostachannya ta vodovidvedennya: Vyrobn.-prakt. Zhurnal. K, Gnozis*, 4, 8-10.
21. Patent 103295 Ukraina, Sposib pryhotuvannia rozchynu aliumovmynsnoho koahuliantu dlia ochyshchennia pryrodnykh i stichnykh vod / Epoyan, S.M., Dushkin, S.S.; zaiavnyk ta vlasnyk KhNUBA. № u 201210965; zaiavl. 19.09.2012; opubl. 25.09.2013. *Biul. №18*.
22. Epoyan, S.M., Dushkin, S.S. (2013). Ispol'zovanie aktivirovannykh rastvorov reagentov pri podgotovke ekologicheskii chistoy pit'evoy vody. *Naukovyy visnyk budivnytstva, Kharkiv*, 73, 253-258.