

УДК 504.455:579.22:658.567.5

І. Ю. АРЕВАДЗЕ^а, Н. Г. НАСОНКІНА^б

^а Донецький національний університет, ^б Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ВОД ДО СРІБЛОВМІСТКИХ ДЕЗІНФЕКТАНТІВ

Розглянуто бактерицидну стійкість води, що оброблена іонами срібла різного генезису. Досліджено вплив матеріалів, що містять срібло на збереження бактерицидної стійкості води.

природна вода, срібло, бактеріальна стійкість, електроліз, каталізатор, дезінфектанти, бактерії, мікроорганізми, катіон, аніон

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Специфіка питного водопостачання в Україні полягає в тому, що воно на 75 % базується на поверхневих джерелах і залежить від їх екологічної безпеки [1]. Зростання ризику і зниження безпеки для систем водопостачання пояснюється, по-перше, значним зменшенням запасів води; а по-друге – різким погіршенням якості природних вод. Сучасний безповоротний водовідбір і скидання забруднених стічних вод по Україні істотно перевищують екологічну місткість водоресурсних систем. Всі водні джерела країни випробовують сильне антропогенне навантаження. У поверхневій водоймища України скидаються десятки тисяч тонн забруднюючих речовин. Тільки в Донецькому регіоні об'єми відкачки шахтних вод на земну поверхню складають понад 860 тис. м³/добу [2]. Ці води характеризуються переважно сульфатно-хлоридно-натрієвим складом та високою мінералізацією.

Зміна екологічної обстановки під впливом антропогенного навантаження призвела і до зміни мікробного фону навколишнього середовища. Вірусологічні і санітарно-вірусологічні дослідження, проведені на різних територіях, свідчать про забруднення природних вод, а також питної води в мережах вірусами різних груп. Це є однією з основних причин захворюваності населення гострими кишковими інфекціями [1]. Питома вага проб води, що незадовільняють за бактеріологічними показниками, збільшилася за останні роки по країні з 10,3 до 14,5 % [1]. Таке положення потребує нового підходу до забезпечення епідеміологічної безпеки, стимулює наукові дослідження по удосконаленню та впровадженню принципово нових засобів знезараження, що характеризуються не лише ефективністю, але й екологічністю. На це орієнтовано прийняття Закону України «Про питну воду і питне водопостачання», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» та впровадження в дію ДержСанПіНу 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3, 4].

Для знезараження стічних, зворотних та питних вод застосовують різні методи, оснований на використанні хімічних препаратів, що містять сильні окислювачі (хлор, озон) та фізичні агенти (ультрафіолет). Найбільш перспективним сьогодні є напрям застосування різних комбінацій фізичних та хімічних факторів впливу на мікроорганізми. При цьому важливо знайти оптимальне співвідношення між ними, прийнятний рівень енергетичного впливу на воду для уникнення створення в ній умов для деструкції молекул домішок і самої води. Актуальним також є розширення номенклатури хімічних препаратів, які можуть, з одного боку, проявляти належні антибактеріальні властивості в умовах підвищених температур та при концентраціях нижче ГДК, а з іншого, легко адаптуватися до основних дезінфектантів (озону, УФ-промінням, хлору), що сприяє екологічній безпеці [4, 5].

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Бактерицидна властивість іонів срібла звісна давно, навіть їх невелика концентрація викликає загибель присутніх в воді мікроорганізмів [5]. Встановлено, що найбільшу активність мають іони срібла, які свіжо виготовлені шляхом електролізу. Дезінфікуюча властивість цих іонів проявляється в широкому діапазоні значень рН, вона суттєво збільшується з ростом температури, що вигідно відрізняє їх від таких бактерицидних препаратів, як хлор, озон, діоксид хлору, гіпохлорит натрію.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Роботи по вивченню процесів знезараження природних і стічних вод виконувалися під керівництвом таких вчених, як Л. О. Кульський, В. В. Гончарук, Н. О. Коваленко, А. Ю. Півників та інших [6–7, 13–14]. Проте сьогодні ще не повністю виявлено діапазон використання дезінфектантів, що містять срібло. Фахівці, що займаються підготовкою води з особливими вимогами до її бактеріологічної стабільності, сьогодні, як ніколи гостро потребують практичної літератури по знезараженню води.

МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Поширення номенклатури срібловмістких дезінфектантів та меж їх ефективного застосування.

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянемо бактерицидну стійкість води, що оброблена іонами срібла різного генезису по відношенню до бактерій кишкової палички *E. coli*, яка була використана як індикатор забруднення. Згідно зі стандартними методиками число кишкових паличок у питній воді визначається позначенням – колі-індекс, який не повинен перевищувати 3 клітини на літр води (кл/л) [7, 8]. В іншому разі вода визначається непридатною для питного користування. Вміст організмів в поверхневих водних джерелах протягом року дуже змінюється: від десятків клітин до сотні тисяч. Залежно від величини *E. coli* природні води класифікують наступним чином: добра вода ≤ 3 кл/л; задовільна – від 4 до 10; слабо забруднена – від 11 до 102, забруднена – більш 104 кл/л.

В експериментах використовували суспензію культури санітарно-зразкового мікроорганізму *E. coli*-1257 зі стандартною щільністю 108 кл/см³. Для приготування робочих розчинів з потрібною концентрацією мікроорганізмів суспензію розбавляли відповідним об'ємом дистильованої води, стерильної водопровідної, чи фізіологічним розчином (0,9 % NaCl у дистильованій воді). Попередньо встановлювали, що протягом усього часу експерименту бактеріальні клітини, які суспендовані в дистильованій воді, зберігали свою життєдіяльність, тому наступним кроком було введено бактерицидний препарат. Кількість мікроорганізмів, що вижили під впливом дезінфектанту, визначали оптичним методом по числу КСО (колонії створених одиниць) на середовищі Ендо через 24 години інкубації при 37 °С. Для підрахунку клітин застосовували метод мембранних фільтрів. Частина мікробіологічних досліджень виконували в лабораторіях ДержСанепідслужби України у м. Донецьку.

Долю клітин, що вижили, встановлювали згідно з відношенням N_t/N_0 , де N_t – число бактерій, що вижили, N_0 – вихідна кількість бактерій, що містилась в розчині, τ – час спостережень (експозиції) або контакту клітин з дезінфектантом, хвил.

Досліди проводили у 3–6 кратній повторності. Отримані результати в подальшому опрацюванні математично з розрахунком критерію Стьюдента.

Крім того, для співставлення різних за природою та генезисом дезінфектантів проводили розрахунок питомої швидкості відмирання мікроорганізмів, по відношенню до 1 мг активної речовини препарату, що застосовувався. Нами в дослідях використані розчини солей, в яких концентрація іонів $Ag^+ \leq 0,05$ мг/л. На рис. 1 наведені результати досліджень впливу концентрації Ag^+ на бактерицидну активність сульфату срібла. При цьому вхідне число мікроорганізмів складало 105 кл/л, температура знезараженої води – $20,0 \pm 0,5$ °С. Отримані результати виявили залежність бактерицидної активності від концентрації іонів срібла. Так, знезараження 99,99 % (тобто на 4 порядку) досягається для концентрації 0,05 мг Ag^+ /л через 30 хвил, а для концентрації 0,001 мг Ag^+ /л аналогічний ефект фіксується лише через 150 хвил.

Характер процесу при електролітичному розчиненні срібла залежить не лише від умов, електролізу, але і від складу домішок води. Так, суспензії та розчинні солі впливають в тій мірі, в якій вони створюють на поверхні срібла щільні плівки, що роблять електроди малорозчинними, або змінюють хід електрохімічних реакцій на електродах. Присутність в воді хлоридів призводить до поступового створення на срібному аноді плівки хлориду срібла ($Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$), яка перешкоджає подальшому розчиненню

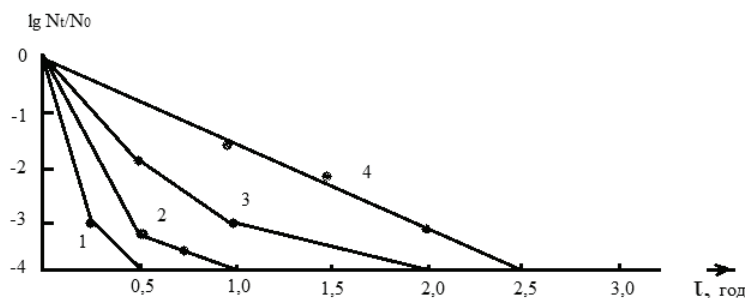


Рисунок 1 – Залежність бактерицидної активності Ag_2SO_4 від концентрації іонів срібла, мг/л: 1 – $5 \cdot 10^{-2}$ (1 ГДК); 2 – $2 \cdot 10^{-2}$ (0,4 ГДК), 3 – $5 \cdot 10^{-3}$ ($2 \cdot 10^{-1}$ ГДК), 4 – $1 \cdot 10^{-3}$ ($2 \cdot 10^{-2}$ ГДК).

металу та знижує вихід срібла по струму. Звісно, що великі кількості сульфатів заважають електролітичному розчиненню срібла з причини виділення на аноді кисню.

Вищезазначені міркування доводять про необхідність попереднього вивчення залежності виходу іонів срібла по струму від анодної щільності при різному вмісті срібла в аноді. Досліди проводили з природною водою р. Кальміус при температурі $20\text{ }^\circ\text{C}$; електродами (анодами) служили пластинки срібла пробою 999,9, 875 і 800, катодами – пластинки з титану. З аналізу отриманих даних (рисунок 2), з підвищенням щільності струму вихід срібла падає, це можна пояснити відповідним прискоренням побічних процесів на електроді. При цьому в зонах відносно малих щільностей (менш 100 А/м^2) значення виходу срібла по струму співвідносяться для проб 999,9; 875 і 800 як 1 : 1,16 : 1,27, що дуже близько до співвідношення маси срібла в зазначених зразках.



Рисунок 2 – Залежність виходу іонів срібла по струму від анодної щільності струму при різному вмісті срібла в аноді: 1 – проба 999,9; 2 – проба 875; 3 – проба 800.

Розглянута бактерицидна стійкість води, що оброблена іонами срібла різного генезису до вторинного забруднення. Одержані результати досліджень стійкості води (з якої попередньо було відігнано залишковий хлор нагріванням до $50\text{ }^\circ\text{C}$ та наступною витримкою протягом 3 годин), яка була оброблена препаратами срібла (електролітичні іони та сульфат), до вторинного забруднення. Досліди проводили протягом 12 діб, температура в середньому складала $20,0 \pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$. У контрольній пробі (вода без введення дезінфектантів) вже на 3 добу зберігання коли-індекс перевищив безпечний рівень бактеріального забруднення (став вище 3). Проби води з препаратом срібла успішно чинили опір забрудненню, навіть коли вода була повторно штучно забруднена бактеріями *E. coli* в дозі 102 кл/л.

Наступні досліди проводили з різними пробами води: перша – вода водопровідна (хлорована, вміст залишкового хлору 0,5 мг/л), друга – вода природна, що пройшла усі стадії пробопідготовки, але замість хлорування підлягала знезараженню за допомогою ДАА-катіонів при концентрації Ag^+ 0,005 мг/л і третя – аналогічно другому варіанту з концентрацією Ag^+ 0,001 мг/л. Аналізи вмісту мікроорганізмів проводили мікроскопічним методом через кожну добу. Результати експериментів представлено на рисунках 4 і 5.

Отримані результати свідчать, що водопровідна хлорована вода має бактеріальну стійкість протягом 2 діб, після чого починається помітний ріст мікроорганізмів. Навпаки, вода, що містить ДАА-катіони, набуває здатність активно чинити опір вторинному бактеріальному забрудненню. Після штучного інфікування такої води вміст мікроорганізмів протягом 2 діб знову зменшується до безпечного рівня.

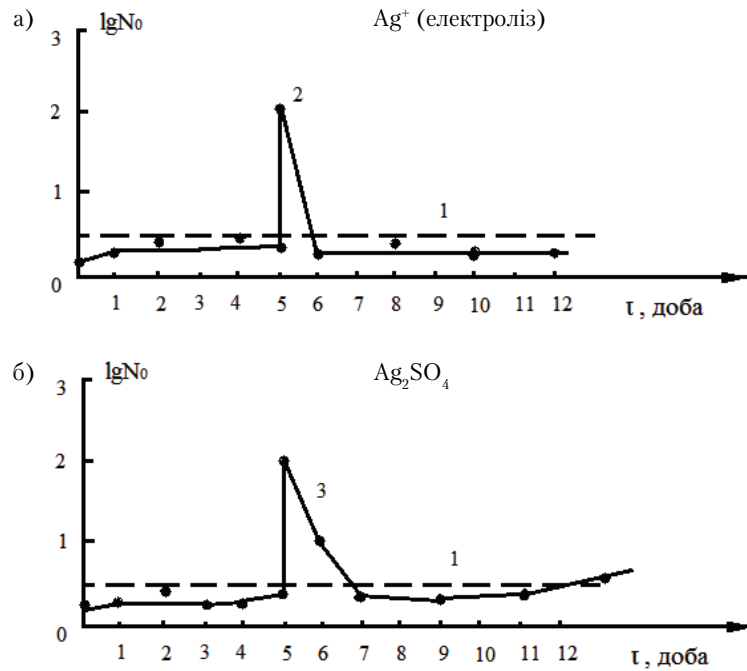


Рисунок 3 – Бактерицидна стійкість води, що оброблена препаратами срібла (концентрація $[Ag^+] = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/л): 1 – бактеріально безпечна вода (колі-індекс 3), 2 – електролітично отриманими іонами, 3 – сульфатом срібла.

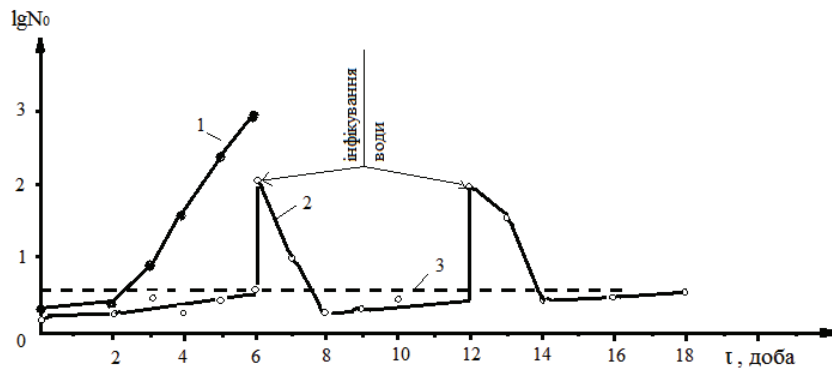


Рисунок 4 – Бактеріальна стійкість різних проб води при 25 °С (1 серія): 1 – водопровідна (хлорована); 2 – вода, що містить ДАА-катіони ($[Ag^+] = 0,005$ мг/л); 3 – бактеріально безпечна вода (колі-бактерій 3).

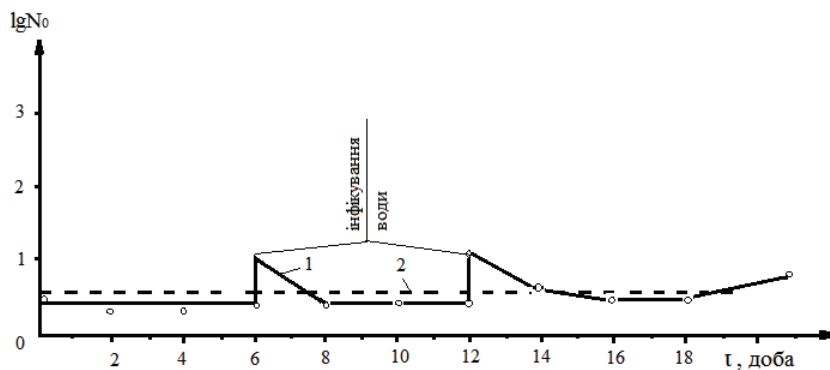


Рисунок 5 – Бактеріальна стійкість різних проб води при 25 °С (2 серія): 1 – вода, що містить ДАА-катіони ($[Ag^+] = 0,001$ мг/л); 2 – бактеріально безпечна вода.

Катіони срібла, створені в результаті електролізу, здатні контактувати не тільки з аніонами, але і з катіонами інших речовин. Останні можуть бути присутніми в воді як домішки, а також входити в

матеріали, з яких виготовлено трубопровід або ємність для зберігання води. Між вказаними катіонами та аніонами срібла можуть протікати електрохімічні реакції, що сприяють переведенню іонів Ag^+ в інший, менш активний в бактерицидному відношенні стан.

Аналіз значень окислювально-відновлювальних потенціалів [8, 9] показує, що іони Ag^+ (окислена форма) під впливом атомів більш активних металів (наприклад, алюмінію, цинку, заліза) будуть переходити у відновлену форму Ag^0 , що має менш бактерицидну активність. З цієї причини ємності або трубопроводи з дюралюмінію, сталі, оцинкованого заліза не придатні для довготермінового збереження питної води. Логічно вишукати умови існування срібла в іонній формі та збереження бактерицидних властивостей протягом тривалого часу.

Розглянуто вплив матеріалу для збереження води на збереження бактерицидної активності електролітичних іонів срібла та ДАА-катіонів. Як матеріал застосували скло і сталь. Вхідна вода характеризувалась за наступними показниками. Загальне мікробне число (ЗМЧ) – 75, коли-бактерій – 50. Воду розливали у 2 ємності з різного матеріалу, вводили в них препарат, що досліджували: 1 – шляхом прямого електролізу розчинного аноду (срібло 999,9), 2 – шляхом введення свіжоприготовлених ДАА-катіонів. Концентрація срібла (в розрахунку на Ag^+) в обох випадках склала $5 \cdot 10^{-3}$ г/м³. Температура протягом всього часу експерименту підтримувалась на рівні $19,0 \pm 0,1$ °С. Аналіз на вміст мікроорганізмів проводили через кожну добу. Результати досліджень представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Бактеріальні показники води залежно від виду бактерицидного препарату та матеріалу ємності збереження

Препарат і матеріал ємності	Показник, який аналізують	Термін зберігання води, доба									
		1	2	3	4	5	10	15	20	25	30
Ag^+ (електроліз), скло	ЗМЧ	8	6	4	7	5	5	6	5	8	10
	коли-бактерії	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	4
Ag^+ (електроліз), скло	ЗМЧ	15	10	8	10	12	20	подальший ріст			
	коли-бактерії	<3	<3	<3	<3	3	10	подальший ріст			
$[Ag(NH_3)_2]^+$, скло	ЗМЧ	12	10	8	10	12	10	13	13	15	20
	коли-бактерії	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	3	3
$[Ag(NH_3)_2]^+$, сталь	ЗМЧ	35	25	10	14	15	12	20	18	20	32
	коли-бактерії	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	3	6

Аналіз табличних даних вказує, що питна вода, яка містить срібло, стійка до повторного бактеріального забруднення протягом тривалого часу. При цьому ДАА-катіони більш ефективні, ніж іони срібла, отримані електролізом.

Проведемо деякі підсумки досліджень бактериостатичних властивостей дезінфектантів молекулярної та іонної природи. Переважна частина від вхідних в воду іонів срібла зв'язується присутніми в воді хлорид-іонами і фактично не бере участі у здійсненні бактерицидного процесу. Однак при незначних концентраціях срібла забезпечує воді тривалу бактерицидну післядію.

Розглянемо умови існування срібла в найбільш ефективній для бактерицидної дії формі. При вирішенні питання відносно оптимальної (з точки зору бактерицидної активності) концентрації срібла для знезараження води слід брати до уваги наступні міркування. При знезараженні води тим чи іншим хімічним дезінфектантам необхідно дотримуватись тих доз, які дають найбільший бактерицидний ефект, особливо це стосується такої кошовної речовини як срібло. Для вирішення питання про оптимальну концентрацію срібла в знезараженій воді необхідно передчасно врахувати наступне: 1) максимальний бактерицидний ефект на одиницю маси мають іони срібла, що свіжовиготовлені в результаті анодного розчинення металевого срібла. При концентрації 10^{-5} мг/л вони впливають на загибель бактерій [5, 10]; 2) СанПиН 2.1.4.559-96 встановили для срібла ГДК 0,05 мг/л, що суттєво нижче для хлору, озону та деяких інших дезінфектантів. Тому при використанні більш високих концентрацій срібла з метою недопущення перебільшення ГДК, а також нераціональних витрат матеріалу слід в подальшому здобути з води надлишок кількості срібла; 3) іони срібла, коли досягають визначеної концентрації в воді, можуть зв'язуватись з деякими аніонами, що присутні у воді, створюючи погано розчинні ($AgCl$, Ag_2CO_3 , $AgBr$, Ag_2S) або малорозчинні (Ag_2SO_4) сполуки. Мірою розчинності вказаних солей, тобто вміст іонів срібла у вільному вигляді є добуток розчинності ДР (табл. 2). В природній воді Донецького регіону, що використовують як питну, з вказаних аніонів в помітних кількостях присутні лише Cl^- та SO_4^{2-} . Саме вони визначають стан, в якому може знаходитись срібло переважно у вигляді незв'язаних іонів або у вигляді співвідносних солей.

Таблиця 2 – Значення добутку розчинності деяких солей срібла при 25 °С

Сполука	Хімічна рівновага в насиченому розчині	ДР
AgCl	$AgCl \leftrightarrow Ag^+ + Cl^-$	$1,78 \cdot 10^{-10}$
Ag ₂ SO ₄	$Ag_2SO_4 \leftrightarrow 2Ag^+ + SO_4^{2-}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$
Ag ₂ CO ₃	$Ag_2CO_3 \leftrightarrow 2Ag^+ + CO_3^{2-}$	$6,2 \cdot 10^{-12}$
AgBr	$AgBr \leftrightarrow Ag^+ + Br^-$	$5,3 \cdot 10^{-13}$
Ag ₂ S	$Ag_2S \leftrightarrow 2Ag^+ + S^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$

У 1 л насиченого при 25 °С розчині AgCl одночасно знаходиться $10^{-10} = 1,33 \cdot 10^{-5}$ моль-іон/л Ag⁺ та Cl⁻, а в 1 л AgBr концентрації Ag⁺ та Br⁻ складають всього $10^{-13} = 7,3 \cdot 10^{-6}$ моль-іон/л. З поняття ДР витікає умова створення і розчинення осаду AgCl: він створюється, коли добуток концентрацій іонів в розчині стає більше від величини ДР, тобто коли $[Ag^+][Cl^-] > 1,78 \cdot 10^{-10}$. І навпаки, розчинення осаду трапляється, коли добуток концентрації його іонів в розчині стає менше від величини $1,78 \cdot 10^{-10}$.

Виходячи з температурної залежності ДР_{AgCl} рис. 6, побудовано значення концентрації вільних іонів Ag⁺ у воді при різних температурах і вмісті іонів хлору (1 моль Cl⁻/л = 35,5 мг/л). Співвідносні дані наведені в таблиці 3.

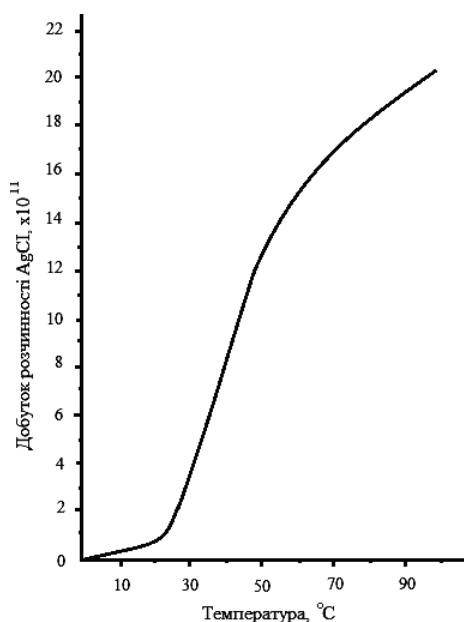


Рисунок 6 – Температурна залежність добутку розчинності AgCl.

Таблиця 3 – Залежність розрахункової концентрації іонів срібла Ag⁺ у воді від температури і вмісту іонів хлору

t, °С	ДР	Гранична концентрація іонів Ag ⁺ в воді залежно від температури і вмісту іонів хлору в воді ммоль/л							
		1	2	3	4	5	6	8	10
5	$2,5 \cdot 10^{-11}$	2,63	1,31	0,87	0,71	0,53	0,43	0,33	0,26
10	$3,8 \cdot 10^{-11}$	4,0	2,0	1,32	1,08	0,80	0,66	0,50	0,40
20	$1,6 \cdot 10^{-10}$	17,20	8,60	5,72	4,30	3,44	2,86	2,15	1,72
25	$1,7 \cdot 10^{-10}$	18,40	9,20	6,12	4,60	3,68	3,06	2,30	1,84
30	$2,5 \cdot 10^{-10}$	27,0	13,50	8,13	6,75	5,40	4,07	3,37	2,70
40	$8 \cdot 10^{-10}$	86,40	43,20	28,7	21,6	17,30	14,30	10,80	8,72
50	$1,3 \cdot 10^{-9}$	142,0	71,20	47,30	35,60	28,50	23,70	17,80	14,31
60	$1,55 \cdot 10^{-9}$	168,0	83,80	55,70	41,90	33,50	28,80	21,0	16,80
70	$1,75 \cdot 10^{-9}$	189,0	94,40	62,90	47,20	37,80	31,50	23,6	18,90

З аналізу табличних даних можна побачити, що трапляється збільшення концентрації іонів Ag^+ в воді адекватно зростанню температури, причому особливо помітно починаючи з 20°C для усіх вивчених значень концентрації Cl^- . Знаючи вміст хлорид-іонів у знезараженій воді та температуру, можна, користуючись даними табл. 3, орієнтовно визначити долю найбільш бактерицидно активних іонів срібла в воді. Розрахунки можна застосувати і до природної води Донецького регіону, для якої концентрація Cl^- не перевищує 5 ммоль/л , вміст Ag^+ в інтервалі температур $5\text{--}30^\circ\text{C}$ складе $0,5\text{--}5,5\cdot 10^{-3}\text{ мг/л}$. Отже, знезараження води іонами срібла буде проходити найбільш ефективно при відносно високих температурах. Аналогічні розрахунки, проведені для установлення залежності іонів срібла (I) від концентрації сульфат-іонів, показали, що для природної води Донеччини (максимальна концентрація SO_4^{2-} не перевищує 600 мг/л) гранична концентрація іонів Ag^+ у знезараженій воді при 25°C складає суттєво більшу величину (понад 8 мг/л). Таким чином, з двох головних аніонів води найбільш суттєвий вплив на зниження бактерицидної активності введеного срібла надає Cl^- .

Відповідно з отриманими результатами досліджень, можна вважати доцільним застосування іонів срібла, особливо як індивідуального бактерицидного препарату (перед застосуванням потрібно зробити аналіз вмісту в знезараженій воді тих аніонів, які зв'язують іони срібла в малодисоціюючі сполуки, а значить і бактерицидно малоактивні). Наступним важливим фактором є температура. Ефективність «посріблення» води тим вище, чим менша концентрація в воді таких аніонів як Cl^- , SO_4^{2-} і навпаки, чим вище температура знезараженої води. Тому можна стверджувати про доцільність використання іонів срібла для тривалого зберігання запасів питної води в умовах теплої клімату.

Для цілей господарсько-питного водопостачання, як правило, доводиться обробляти велику кількість води, крім того, вартість її обробки повинна бути невеликою. У зв'язку з цим особливий інтерес представляють металокомплексні керамічні адсорбенти – каталізатори [13, 15, 16]. Механізм дії адсорбентів – каталізаторів заснований на синергетичному ефекті протікання двох взаємозв'язаних процесів: адсорбції і каталізу.

У досліджуваній зразок адсорбата – каталізатора фірми «Каталіз» включений широкий спектр сполук, з яких основними є оксиди Cu(II) , Ag , Fe(II, III) , SiO_2 , $(\text{Na, K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$. Електронний обмін між іонами металів по механізму «перескоку» дозволяє молекулу кисню перетворити на активний іон – радикал, що і обумовлює підвищену активність шпінелів в окислювальних реакціях [13, 15, 16].

Ефективність технології адсорбційний – каталітичного знезараження обумовлена протіканням на поверхні каталізатора взаємозв'язаних адсорбційних і окислювально-відновних процесів при його одночасній бактерицидній дії.

При дослідженні каталітичної активності адсорбенту – каталізатора одержані кінетики окислення і знезараження (рис. 7, 8).

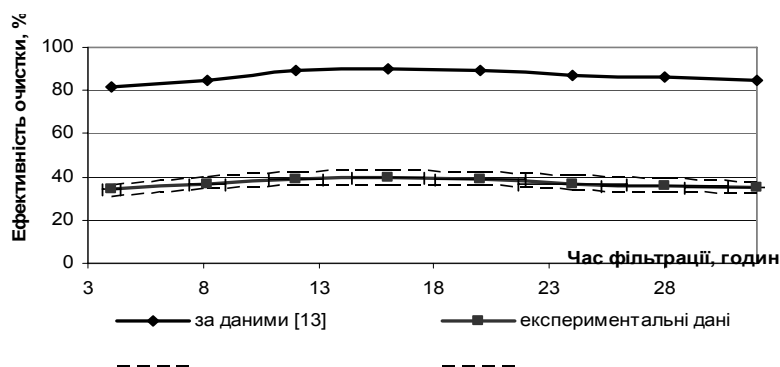


Рисунок 7 – Залежність ефективності очищення по перманганатній окислюваності від терміну перебування: (за експериментальними даними – $\mathcal{E} = -0,1T^2 + 2,24T + 74,07; R^2 = 0,94, r = 0,98, \delta = 0,6$); (за даними [13] – $\mathcal{E} = -0,09T^2 + 1,83T + 27,79; R^2 = 0,97, r = 0,98, \delta = 0,2$).

Як впливає з отриманих даних, каталізатор поводить по-різному для води із різним солемістом. Хочеться відзначити, що на практиці часто зустрічаються випадки, коли води близькі по каламутності, кольоровості і іншим показникам, при очищенні поведуться по-різному, і водоочисні станції одного і того ж типу в одних умовах працюють цілком ефективно, а в інших не забезпечують потрібного ступеня очищення води. Тому необхідно даний каталізатор апробувати перед використанням.

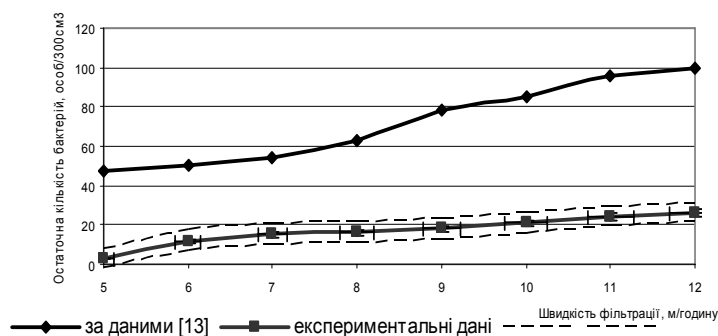


Рисунок 8 – Залежність знезаражувальної активності адсорбентів – катализаторів (по коли-індексу) від швидкості фільтрації (за експериментальними даними – $C = 2,87V - 7,5; R^2 = 0,93, r = 0,96, \delta = 0,06$); (за даними [13] – $C = 8,44V - 0,12; R^2 = 0,97, r = 0,98, \delta = 0,3$).

ВИСНОВКИ

Розглянуто бактерицидну стійкість води, що оброблена іонами срібла різного генезису. Досліджено вплив матеріалу для збереження води на стійкість бактерицидної активності електролітичних іонів срібла та ДАА-катіонів, які більш ефективні, ніж іони срібла, отримані електролізом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алипов, А. Н. Водообеспечение населения, промышленности и сельского хозяйства Донбасса. Вовлечение собственных ресурсов [Текст] / А. Н. Алипов, Д. Д. Мягкий, Г. И. Янковская // Вода і водоочисні технології. – 2007. – № 4. – С. 17–22.
2. Вода. Санітарні правила, норми і методи безпечного водокористування населення [Текст] : Збірник документів / Укладачі: Ю. А. Рохманин, З. И. Жолдакова, Г. Н. Красовский. – 2-і видання, перероблене і доповнене. – М. : Интерсєн, 2004. – 768 с.
3. Мокієнко, О. В. Санітарно-епідеміологічна ситуація у водопостачанні [Текст] / О. В. Мокієнко // Вода і водоочисні технології. – 2001. – № 1. – С. 10–15.
4. Скурлатов, Ю. И. Ультрафиолетовое излучение в процессах водоподготовки и водоочистки [Текст] / Ю. И. Скурлатов, Е. В. Штамм // Водоснабжение и санитар. Техника. – 1997. – № 9. – С. 14–18.
5. Маслюк, А. І. Хлораторні установки водогінно-каналізаційного господарства [Текст] / А. І. Маслюк, О. І. Давиденко. – Київ : Будівельник, 1989. – 112 с.
6. Кульский, Л. А. Серебряная вода [Текст] / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1987. – 109 с.
7. Разработка эколого-гигиенической классификации качества поверхностных вод Украины – источников централизованного питьевого водоснабжения [Текст] / В. В. Гончарук, В. Н. Жукинський, А. П. Чернявская, В. Ф. Скубченко // Химия и технология воды. – 2003. – Т. 25, № 2. – С. 106–156.
8. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Текст] : затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010 // Офіційний вісник України. – 2010. – № 51. – С. 99–129.
9. Прикладная электрохимия [Текст] / под. ред. Н. Т. Кудрявцева. – 2-е пераб. доп. – М. : Химия, 1975. – 552 с.
10. Плаксин, И. Н. Металлургия благородных металлов [Текст] / И. Н. Плаксин. – М. : Металлургиздат, 1958. – 366 с.
11. Кульский, Л. А. Основы химии и технологии воды [Текст] / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1991. – 586 с.
12. Возная, Н.Ф. Химия воды и микробиология [Текст] : [Учеб. пособие] / Н.Ф. Возная. – 2-е изд., М. : Высшая школа, 1999. – 340 с.
13. Адсорбционно-каталитическая очистка и обеззараживание питьевой воды [Текст] / Н. А. Коваленко, А. Ю. Кочетков, Е. Л. Паршина [и др.] // Водное хозяйство России. – 2003. – Том 5, № 2. – С. 172–184.
14. Водоснабжение [Текст] / А. Я. Найманов, С. Б. Никиша, Н. Г. Насонкина [и др.]. – Донецк : Издательство «Норт-Пресс», 2004. – 649 с.
15. Пармон, В.Н. Отечественные катализаторы и новые ресурсосберегающие каталитические процессы в современной России. Катализ в промышленности [текст] / В. Н. Пармон, А.С. Носков. – Новосибирск : СО РАН, 2001. – № 1. – С. 6–17.

16. Ухина, А. В. Очистка природных вод от органических соединений [Текст] / А. В. Ухина // Новые исследования по сетям и сооружениям систем водоснабжения : межвузовский тематический сборник трудов / Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР, Ленинградский ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени инженерно-строительный институт ; ред. Н. Ф. Федоров.. – Л. : ЛИСИ, 1985. – С. 23–27.

Отримано 02.10.2014

И. Ю. АРЕВАДЗЕ ^a, Н. Г. НАСОНКИНА ^b
ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ ВОД К
СОДЕРЖАЩИМ СЕРЕБРО ДЕЗИНФЕКТАНТАМ

^a Донецкой национальной университет, ^b Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Рассмотрена бактерицидная стойкость воды, обработанной ионами серебра разного генезиса. Исследовано влияние материалов, которые содержат серебро на сохранение бактерицидной стойкости воды.

природная вода, серебро, бактериальная стойкость, электролиз, катализатор, дезинфектанты, бактерии, микроорганизмы, катион, анион

IRMA AREVADZE ^a, NADIY NASONKINA ^b
RESEARCH OF AGAINST BACTERIA FIRMNESS OF WATERS TO ARGENT
PREPARATIONS FOR DISINFECTION

^a Donetsk National University, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Bactericidal firmness of the water treated by the ions of silver of different genesis has been considered. Influencing of materials which contain silver on the maintenance of bactericidal firmness of water has been investigational.

natural water, silver, bacterial firmness, electrolysis, catalyst, preparations for disinfection, bacteria, microorganisms, cation, anion

Аревадзе Ирма Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики нерівноважних процесів, метрології та екології Донецького національного університету. Наукові інтереси: екологічна безпека.

Насонкіна Надія Геннадіївна – доктор технічних наук, професор кафедри міського будівництва і господарства Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики підвищення надійності систем водопостачання, розробка технологій очищення природних і стічних вод. Моніторинг систем водопостачання і каналізації.

Аревадзе Ирма Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии Донецкого национального университета. Научные интересы: экологическая безопасность.

Насонкина Надежда Геннадиевна – доктор технических наук, профессор кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики повышения надежности систем водоснабжения, разработка технологий очистки природных и сточных вод. Мониторинг систем водоснабжения и водоотведения.

Arevadze Irma – PhD (Eng.), Associate Professor, No equilibrium Processes Physics, Metrology and Ecology Department, Donetsk National University. Scientific interests: environmental safety.

Nasonkina Nadiy – DSc (Eng.), Professor, Municipal Economy and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of method of increase of fail safety water-supply, development of technologies of natural and sewers waters treatment. Monitoring of the water and sewage systems.