

УДК 504.455:579.22:658.567.5

Аревадзе І. Ю., к.т.н., доцент (Донецький національний університет, м. Донецьк)

БАКТЕРИЦИДНІ ВЛАСТИВОСТІ ІОНІВ СРІБЛА ТА ЇХ ВПЛИВ НА КИШКОВУ ПАЛИЧКУ *E.coli*

Вивчено характер впливу ряду катіонів і аніонів, що містяться в природній воді, а також температурного фактору на бактерицидну активність іонів срібла. Розглянуто бактерицидно активний, в широкому діапазоні температур, срібловмісткий препарат – діамінаргентум-катіон (ДАА-катіон), що генерує безпосередньо в потоці знезараженої води шляхом змішування електролітично отриманих катіонів Ag^+ з аміаком при концентраціях останніх нижче відповідних ГДК. Визначено вплив бактерицидної активності срібла на кишкову паличку *E.coli*.

Ключові слова: срібловмісткий препарат, катіон, поверхневі води.

Результати систематичних досліджень останніх років показують, що з року в рік практично всюди якість поверхневих водних джерел погіршується з причини викидів у водоймища неочищених побутових, господарчих, промислових вод, які містять різні мікроорганізми, в тому числі і патогенні. Наприклад, в пробах води, взятих на території Донецьку, р. Кальміус систематично виявляються бактерії групи кишкової палички у високих (10^4 - 10^6 кл/л) концентраціях, іноді спостерігається виявлення цих бактерій у водогінній воді, яка пройшла усі стадії очищення та знезаражування. Тому, виникла потреба в розширенні номенклатури срібловмістких бактерицидних препаратів. Найбільш вивченими в бактерицидному відношенні дезінфектантами є іони срібла Ag^+ , отримані електролітичним шляхом [1-3].

В проведених дослідях були використані розчини солей, в яких концентрація іонів $Ag^+ \leq 0,05$ мг/л. На рисунку 1 приведені результати досліджень впливу концентрації Ag^+ на бактерицидну активність сульфату срібла. При цьому, вхідне число мікроорганізмів складало 10^5 кл/л, температура знезараженої води – $20,0 \pm 0,5^{\circ}C$. Отримані результати виявили залежність бактерицидної активності від концентрації іонів срібла. Так, знезараження 99,99 %, тобто на 4 порядки, досягається для концентрації 0,05 мг Ag^+ /л через 30 хвилин, а для концентрації 0,001 мг Ag^+ /л аналогічний ефект фіксується тільки через 150 хвилин.

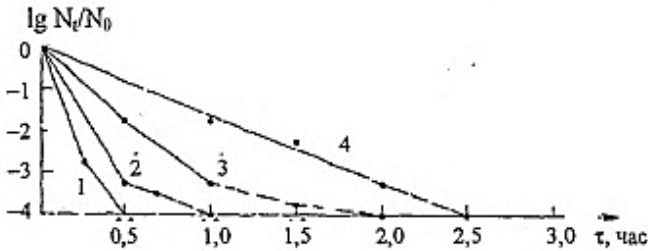


Рис. 1. Залежність бактерицидної активності Ag_2SO_4 від концентрації іонів срібла, мг/л:
1 – $5 \cdot 10^{-2}$ (1 ГДК); 2 – $2 \cdot 10^{-2}$ (0,4 ГДК), 3 – $5 \cdot 10^{-3}$ ($2 \cdot 10^{-1}$ ГДК),
4 – $1 \cdot 10^{-3}$ ($2 \cdot 10^{-2}$ ГДК)

Також, було встановлено вплив температури на рівень знезараження. Температура, як звісно, є важливим технологічним параметром. При коливанні в досить широких межах (в залежності, наприклад, від часу року), вона може помітно впливати на глибину знезараження води. Вплив температури на бактерицидну активність сульфату срібла (концентрація іонів срібла у воді $5 \cdot 10^{-3}$ мг/л) представлена на рисунку 2. Вибір температур, що досліджуються (1 і 20°C) визначався їх середньостатистичним значенням для зимового та літнього періодів.

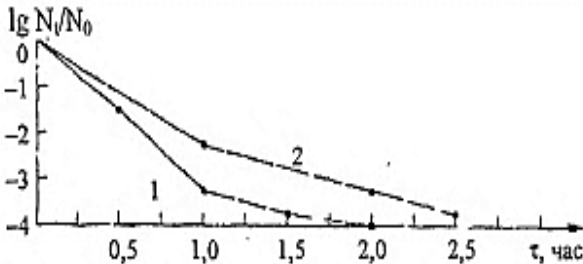


Рис. 2. Бактерицидна активність срібла при різних температурах ($N_0 = 10^5$ кл/л; $[\text{Ag}^+] = 5 \cdot 10^{-3}$ мг/л): 1 – 20°C , 2 – 1°C

Як і слід було очікувати, експерименти виявили підвищення активності препарату зі збільшенням температури, хоча і не значне. Ця обставина може мати велике значення при знезараженні та консервації води в районах з теплим кліматом.

Важливим фактором є вплив аніонного складу води на бактерицидні властивості сульфату срібла. В літературі мається інформація відносно негативного впливу на бактерицидну активність Ag^+ , отриманого

електрохімічним шляхом, таких іонів, як Cl^- , SO_4^{2-} и S^{2-} [2, 4].

З метою встановлення діапазону меж застосування сульфату срібла були виконані аналогічні дослідження з цим препаратом. Останній, як звісно, є відносно непоганою розчинною сполукою (DRAg_2SO_4 при $t = 25^\circ\text{C}$ дорівнює $7,7 \cdot 10^5$). Для дослідів брали бідистильовану воду, в яку вводили відміряну кількість солей Na_2SO_4 , NaCl , NaHCO_3 та Na_2S . Вхідна кількість бактерій *E.coli* складала: в дослідях з Cl^- – $2 \cdot 10^4$, SO_4^{2-} і HCO_3^{2-} – $2,5 \cdot 10^4$ та S^{2-} – $1,5 \cdot 10^4$ кл/см³. Температуру у всіх дослідях підтримували у $20^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$, концентрація Ag^+ складала $5 \cdot 10^{-2}$ мг/л. Аналіз числа мікроорганізмів, що вижили робили у 4-х кратній повторності, далі визначали їх середнє значення. Результати наведені в таблицях 1–4.

Таблиця 1

Вплив Cl^- на бактерицидну активність Ag_2SO_4

| Час, хвилин | Число бактерій, що вижили при концентрації Cl^- , мг/л | | | | |
|-------------|---|------|------|------|------|
| | 20 | 50 | 100 | 200 | 400 |
| 20 | 1100 | 2600 | 4800 | 6000 | 7500 |
| 40 | 100 | 480 | 1200 | 2500 | 5200 |
| 60 | 22 | 100 | 500 | 1050 | 2100 |
| 90 | 0 | 10 | 50 | 120 | 420 |

Таблиця 2

Вплив SO_4^{2-} на бактерицидну активність Ag_2SO_4

| Час, хвилин | Число бактерій, що вижили при концентрації SO_4^{2-} , мг/л | | | |
|-------------|--|-----|-----|-----|
| | 50 | 100 | 200 | 500 |
| 20 | 80 | 100 | 300 | 450 |
| 60 | 0 | 0 | 4 | 20 |
| 120 | 0 | 0 | 0 | 4 |

Таблиця 3

Вплив HCO_3^- на бактерицидну активність Ag_2SO_4

| Час, хвилин | Число бактерій, що вижили при концентрації HCO_3^- , моль/дм ³ | | |
|-------------|--|------|------|
| | 1,0 | 5,0 | 10,0 |
| 20 | 500 | 1100 | 2600 |
| 60 | 50 | 140 | 800 |
| 120 | 0 | 10 | 290 |

Таблиця 4

Вплив S^{2-} на бактерицидну активність Ag_2SO_4

| Час, хвил | Число бактерій, що вижили при концентрації S^{2-} , мг/л | | |
|--------------|--|------|------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,5 |
| 20 | 1500 | 2400 | 3600 |
| 60 | 200 | 360 | 1000 |
| 120 | 0 | 20 | 80 |

Аналіз отриманих даних вказує, що серед вивчених аніонів найменший вплив на бактерицидну активність іонів Ag^+ оказує SO_4^{2-} , а найбільшу – S^{2-} . В певній ступені це корелюється зі значенням добутку розчинності $ДРАg_2SO_4 = 7,7 \cdot 10^{-5}$; $ДРАgCl = 1,78 \cdot 10^{-10}$; $ДРАg_2CO_3 = 6,2 \cdot 10^{-12}$; $ДРАg_2S = 1,6 \cdot 10^{-19}$ [2].

Зв'язуванням бактерицидно активних катіонів Ag^+ аніонами J^- і Br^- в малодисоціюючі сполуки можна пояснити результати, представлені в таблиці 5.

Таблиця 5

Вплив J^- і Br^- на бактерицидну активність Ag_2SO_4
(концентрація $Ag^+ = 5 \cdot 10^{-2}$ мг/л; $J^- = 0,1$ мг/л, $Br^- = 0,1$ мг/л)

| Час, хвилин | Число бактерій, що вижили при концентрації виживших Cl^- , мг/л | | | | |
|----------------|---|------|------|------|------|
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 |
| J^- | 22000 | 2800 | 2100 | 1560 | 1480 |
| Br^- | 16000 | 3200 | 2700 | 2100 | 2200 |

Вивчено характер впливу ряду катіонів і аніонів, що містяться у природній воді, а також температурного фактору на бактерицидну активність сульфату срібла з місткістю останнього нижче встановленої ГДК. Дано пояснення отриманим результатам виходячи з розчинності солей, що дозволяє визначити умови ефективного застосування Ag_2SO_4 , як дезінфектанту.

Запропоновано також процес отримання діамінаргентум-катіона $[Ag(NH_3)_2]^+$ (в подальшому ДАА-катіона) шляхом взаємодії (при змішуванні) свіжоприготовлених електролітичним способом іонів срібла Ag^+ з введеними в зону їх знаходження молекулами аміаку з балону, тобто, безпосередньо в незараженій воді. Це забезпечується високою розчинністю аміаку у воді (% по масі): 46,7 (0°C); 40,5 (10°C); 34,5 (20°C); 28,7 (30°C); 23,5 (40°C); 18,6 (50°C) [1]. Наявність невеликого надлишку NH_3 (5 % від стехіометрії) дозволяє усунути рівновагу в си-

стемі $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \leftrightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ вправо. Концентрацію аміаку в воді (в процесі приготування аміачного срібровмісного препарату) контролювали по звісній методиці [6]. Вимірювальні прилади проходили попередній метрологічний контроль, необхідні для аналітичної мети хімічні реактиви застосовувались адекватної чистоти.

Схема установки для отримання аміачних комплексів срібла (ДАА-катіонів) приведена на рисунку 3.

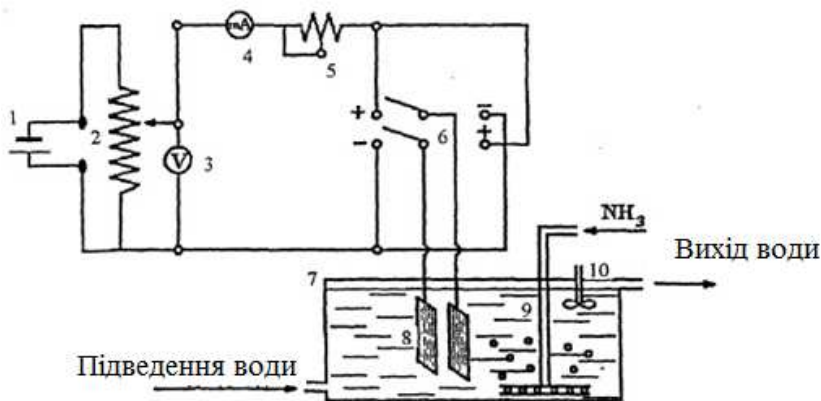


Рис. 3 Принципіальна схема отримання аміачного комплексу срібла: 1 – живлення іонатора; 2 – потенціометр для установки напруги; 3 – вольтметр для контролю напруги; 4 – міліамперметр для контролю сили струму; 5 – реостат регулювання сили струму; 6 – перемикач електродів; 7 – резервуар для обробки води; 8 – срібні електроди; 9 – трубка для підводу NH_3 ; 10 – мішалка

Дозування аміаку в воду, яка містить іони срібла, з метою отримання бактерицидного агента $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ здійснювали з балону з аміаком за допомогою вентиля тонкого регулювання та реометра.

Досліди бактерицидної активності препарату виконували в залежності від температури. Це пов'язано з тим, що по-перше, температура знезараження є важливішим технологічним параметром, а по-друге, в літературі дуже мало інформації з цього питання. Важливо було також встановити бактерицидні можливості препарату при різній концентрації в ньому Ag^+ та вмісту мікроорганізмів у воді. Досліди проводили в інтервалі температур $2-50^\circ\text{C}$ ($\pm 0,1^\circ\text{C}$), концентрації ДАА-катіона (за вмістом в ньому Ag^+) приймали в дослідях $0,05$ (1 ГДК); $0,005$ (10^{-1} ГДК) та $0,001$ мг/л ($2 \cdot 10^{-2}$ ГДК). Результати приведені на рисунках 4-6.

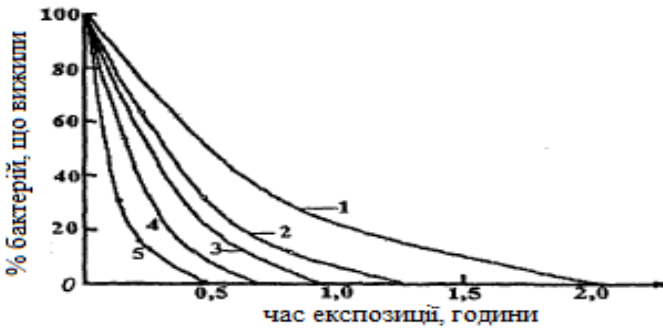


Рис. 4. Бактерицидна активність ДАА-катионів ($C_{Ag} = 0,05$ мг/л) при початковому вмісті *E.coli* $9,5 \cdot 10^6$ кл/л: 1 – 2°C; 2 – 10°C; 3 – 20°C; 4 – 30°C; 5 – 50°C

Отримані дані свідчать про високу бактерицидну активність комплексних катионів $[Ag(NH_3)_2]^+$ навіть при низьких концентраціях в них іону Ag^+ . Незалежно від числа мікроорганізмів в воді практично повне їх відмирання відмічено протягом близько 2 годин та менш. Надто ефективен температурний фактор при концентрації 0,001 мг/л Ag^+ (тобто, в 50 разів менш ГДК), час, який потрібен для повного відмирання бактерій при температурі 2 і 50°C, складає співвідносно 120 та 30 хвилин.

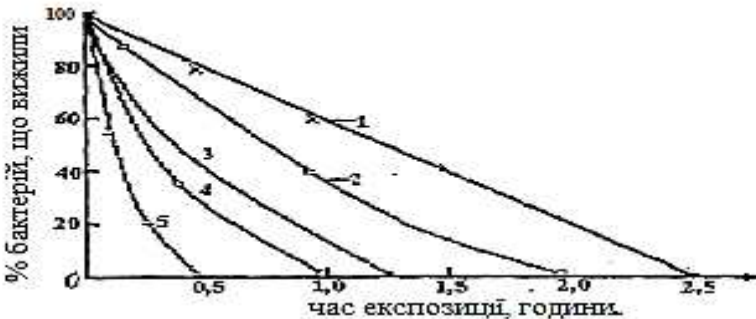


Рис. 5. Бактерицидна активність ДАА-катионів ($C_{Ag} = 0,005$ мг/л) при початковому вмісті *E.coli* $4 \cdot 10^4$ кл/л: 1 – 2°C; 2 – 10°C; 3 – 20°C; 4 – 30°C; 5 – 50°C

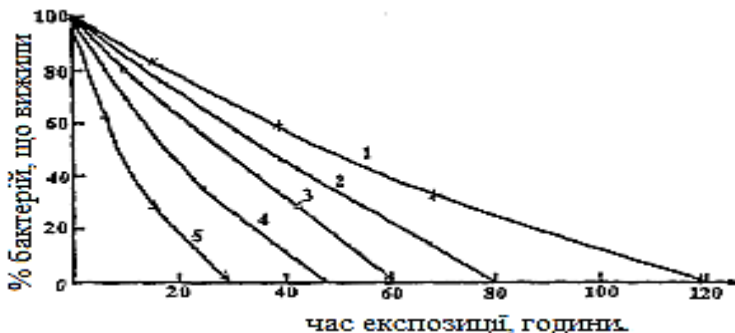
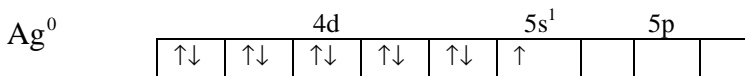


Рис. 6. Бактерицидна активність ДАА-катіонів ($C_{Ag^+} = 0,001$ мг/л) при початковому вмісті $E.coli$ 10^7 кл/л:
1 – 2°C; 2 – 10°C; 3 – 20°C; 4 – 30°C; 5 – 50°C

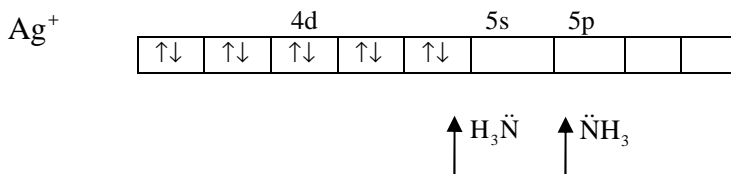
Розглянемо причини високої бактеріцидної активності ДАА-катіонів. Звісно, що основна маса аміаку знаходиться в водному розчині у вигляді гідратованих молекул $NH_3 \cdot H_2O$ і тільки приблизно 0,4% (мас.) розчиненого аміаку хімічно взаємодіє з водою [1]: $NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-$. Вже вказувалось, що при визначених умовах іони Ag^+ зв'язуються присутніми у воді хлорид-іонами з утворенням хлориду срібла. Останній, будучи погано розчинним в воді, легко розчиняється у водному розчині аміаку за реакцією: $AgCl + 2NH_3 \leftrightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$. Розчинення $AgCl$ відбувається внаслідок перетворення іону срібла Ag^+ в комплексний катіон $[Ag(NH_3)_2]^+$ і в подальшому в комплексну сіль $[Ag(NH_3)_2]Cl$, легко розчинну в воді [1, 4]. Важливо підкреслити, що при комплексоутворенні може сильно змінюватись реакційна здатність речовин. Наприклад, Ag^+ легко осаджується аніонами Cl^- , Br^- , S^{2-} . Комплексоутворення практично усуває цей процес і катіон $[Ag(NH_3)_2]^+$ вже не осаджується аніоном Cl^- ; таким чином забезпечується тривале існування вказаного катіону (в крайній мірі, до появи визначених концентрацій аніонів Br^- , S^{2-}).

Катіон $[Ag(NH_3)_2]^+$ створюється в результаті донорно-акцепторної взаємодії неподілених електронних пар молекул аміаку: N з вакантними sp -гібридними орбіталями валентного рівня атома срібла

Електронна схема останнього може бути зображена таким чином:

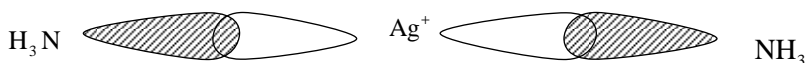


Атомний радіус срібла складає 0,144 нм [1]. При переході атома срібла в іонний стан (більш бактерицидне) $5s^1$ електрон губиться, при цьому іонний радіус різко зменшується (до 0,113 нм), а електронна схема приймає інший вид:

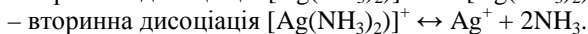


В межах валентного шару у іона срібла маються пусті орбіталі, які і відіграють роль акцепторів електронних пар молекул аміаку. $5s$ і $5p$ – орбіталі іона Ag^+ утворюють дві гібридні sp – орбіталі.

При цьому, перекриття орбіталей центрального іона з орбіталями молекул аміаку можна зобразити наступним чином:



Внутрішня і зовнішня сфери комплексного сполучення сильно відрізняються за стійкістю: частки, які знаходяться у зовнішній сфері, пов'язані з комплексним іоном переважно електростатичними силами і легко відщепляються у водному розчині. Вказана дисоціація протікає практично повністю, подібно дисоціації сильних електролітів (наприклад, $NaCl$). В нашому випадку, ліганди (молекули аміаку), які знаходяться у внутрішній сфері, пов'язані з центральною часткою (Ag^+) значно міцніше та відщеплюються лише в малій ступені. Виходячи з вище викладеного, дисоціацію аміачного комплексу $[Ag(NH_3)_2]Cl$ можна представити наступним чином:



Вторинна дисоціація характеризується наявністю рівноваги між комплексною часткою, центральним іоном і лігандом. Таким чином, можна зробити висновок, що в початковій стадії створення бактерицидного препарату (шляхом взаємодії електролітично отриманих іонів срібла та молекул аміаку) у виниклої системі знаходяться комплексні іони $[Ag(NH_3)_2]^+$, прості (свобідні) іони Ag^+ , молекули NH_3 (надлишок) і молекули $AgCl$ (останні утворюються у випадку, якщо в якійсь точці простору $PP > 1,78 \cdot 10^{-10}$). При цьому, найбільш активним, в бак-

терицидному відношенні, є іони Ag^+ . В результаті кожна дія, що направлена на збільшення концентрації останніх у воді, повинна співвідносно збільшити бактеріальний ефект. Зрозуміло, що з ростом температури рівновага процесу вторинної дисоціації зсунеться вправо, бактерицидна активність зросте адекватно температурі. З іншого боку, збільшення температури сприяє і дисоціації раніш утворених молекул AgCl , забезпечуючи надходження у воду додаткових іонів Ag^+ . Нарешті, аміак – продукт розпаду комплексного катіона $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, певно може сприяти переходу частини AgCl в розчинне комплексне сполучення. Як слід, роль аміаку полягає, перш за все, в підтриманні срібла у найбільш бактерицидно активному стані.

Дисоціація іонів $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, як і дисоціація будь-якого слабого електроліту, підпорядковується закону дії мас і може бути охарактеризована відповідною константою рівноваги, інакше – константою нестійкості комплексного іона:

$$K_{\text{нест.}} = \frac{[\text{Ag}^+] \cdot [\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+}$$

Як звісно, за допомогою величин $K_{\text{нест.}}$ можна передбачити напрям протікання реакцій між комплексними сполуками. Так, при значній відмінності цих констант реакція піде в бік створення комплексу з найменшою константою нестійкості. Наприклад, для іону $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ $K_{\text{нест.}} = 6,8 \cdot 10^{-8}$, а для іону NH_4^+ $K_{\text{нест.}} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = 5,4 \cdot 10^{-10}$ [2]; тоді в

кислому середовищі амікат срібла руйнується з наступним створенням вільних іонів Ag та NH_4^+ :

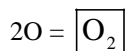
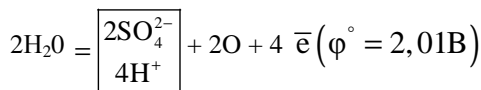
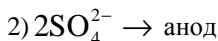
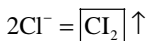
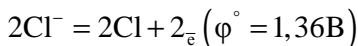
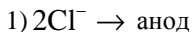
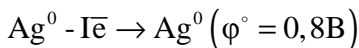


На практиці це означає, що зі зниженням рН води бактерицидна активність ДАА-катіонів буде збільшуватись. На ці обставини в результаті виконаних експериментів вказано в роботі [5].

Розглянуті екологічні особливості електрохімічного розчинення з застосуванням електродів з низькопробного срібла. При розгляді анодних процесів необхідно мати на увазі, що в ряді випадків матеріал аноду в ході електролізу може окислюватись. У випадку розчинного аноду на ньому можливо протікання трьох конкуруючих окислювальних процесів: 1) електрохімічне окислення молекул з виділенням кисню; 2) розряд аніону; 3) електрохімічне окислення металу анода [6]. З цих можливих процесів здійснюється енергетично найбільш вигідний. Якщо метал анода розміщено в ряду стандартних потенціалів раніш ін-

ших електрохімічних систем, то має місце анодне розчинення металу.

Таким чином, на аноді, виготовленому з хімічно чистого срібла, можливо протікання наступних реакцій:



Останні реакції, враховуючи значення потенціалів, можуть протікати з помітною швидкістю тільки при високих концентраціях відповідних аніонів [2, 7]. Коли в якості розчинного анода виступає срібло менш високої проби, тобто є інші метали, можливо перехід в воду і їх катіонів. Відзначимо при цьому, що превалюючими катодною та анодною реакціями при розчиненні такого срібла залишаються $\text{Ag} \pm e \leftrightarrow \text{Ag}^+$ при створенні відповідного потенціалу 0,8 В. За малої перенапруги при не дуже високій щільності струму A/m^2 ці реакції протікають при потенціалах, близьких до рівноважних. Тому, найбільш часто в сріблі зустрічаються домішки (золото, платиноїди, мідь, сурма, вісмут, олово, селен, телур, а також незначні кількості цинку, кадмію, нікелю, заліза), які ведуть себе при електролізі адекватно їх потенціалам та хімічним властивостям [7, 8].

В анодному шламі, що створюється в кінці процесу електролізу, концентрується золото і платиноїди, сурма, вісмут і олово (у вигляді гідроксидів та метаолов'яної кислоти) сірка, селен і телур (у вигляді сульфідів, селенідів і телуридів металів). В розчин можуть переходити мідь, а також більш електронегативні метали [7-9].

При наявності в срібному електроді платиноїдів тільки підвищена анодна щільність струму (80 - 400 A/m^2) може викликати їх розчинність ($\varphi^0 \text{Pd}^{2+}/\text{Pd} = +0,987 \text{В}$). З цієї причини для електрохімічного розчинення багатьох металів на практиці встановлюють відносно високі значення щільності струму при виділенні Al^{3+} - 7500, Cu^{2+} - 170-250, Ni^{2+} - 200-500, Pb^{2+} - 100 - 250, Co^{2+} - 160, Fe^{2+} - 100, Sn^{2+} - 100-500, Cd^{2+} - 40-100, Zn^{2+} - 200-300 A/m^2 [10]. Тому очевидно, що для зни-

ження швидкості розчинення цих металів, які входять до складу срібного електроду відносно низької проби, і відповідно, зниження концентрації їх катіонів в питній воді, слід проводити електроліз при можливих низьких щільностях струму (менш ніж 40 А/м^2).

Ми оцінювали концентрацію іонів металів-домішок електроду у випадку їх переходу в воду при електролізі. Для цього приймали свідомо завищені значення вмісту металів-домішок в сріблі 800 проби: Cu – 5%, Pb – 3%, Ni, Co, Cd, Fe, Zn, Sb – 2%. Вихід вказаних металів по струму прийmemo 50%, а концентрацію срібла, що перевели у воду встановимо на рівні її ГДК $0,05 \text{ мг/л}$. Тоді, згідно розрахунків, концентрації в питній воді складуть (в мг/л): Pb – $0,0009$ (ГДК = $0,03$); Cu – $0,0015$ (ГДК = 1); Ni – $0,006$ (ГДК = $0,1$); Co – $0,0006$ (ГДК = $0,01$); Cd – $0,0006$ ($0,01$); Fe – $0,0006$ (ГДК = $0,3$); Zn – $0,0006$ (ГДК = 5) [10, 11].

Таким чином, концентрації небажаних домішок, які можуть з'явитися в питній воді в результаті розчинення багатокомпонентного аноду, навіть у самих несприятливих умовах більш ніж на 1-2 порядку менш їх ГДК. Отже, проведення процесу анодного розчинення срібла, що містить помітні кількості домішок, при знижених щільностях струму ще в більшому ступені дозволить знизити вміст небажаних домішок електроду у воді.

Характер процесу при електролітичному розчиненні срібла залежить не тільки від умов, електролізу, але і від складу домішок води. Так, суспензії та розчинні солі надають вплив, в тій мірі, в якій вони створюють на поверхні срібла щільні плівки, які роблять електроди малорозчинними, або змінюють хід електрохімічних реакцій на електродах. Присутність в воді хлоридів призводить до поступового створення на срібному аноді плівки хлориду срібла ($\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$), яка перешкоджає подальшому розчиненню металу та знижує вихід срібла по струму. Вже вказувалося, що великі кількості сульфатів заважають електролітичному розчиненню срібла з причини виділення на аноді кисню. Аналогічно ведуть себе і деякі катіони, наприклад Fe^{2+} і NH_4^+ .

Вище зазначені 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°C ; електродами (анодами) служили пластинки срібла пробою 999,9, 875 і 800, катодами – пластинки титану. З аналізу отриманих даних (рисунок 7), з підвищенням щільності току вихід срібла падає, це можна пояснити відповідним прискоренням побічних процесів на електроді. При цьому, в області 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.



Рис. 7. 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

Розглянуто бактерицидно активний, в широкому діапазоні температур, срібловмісткий препарат – діамінаргентум-катион (ДАА-катион), що генерує безпосередньо в потоці незараженої води шляхом змішування електролітично отриманих катіонів Ag^+ з аміаком при концентраціях останніх нижче відповідних ГДК. Дано пояснення високої бактерицидній активності вказаних катіонів з позицій комплексних сполук. Досліджена можливість застосування срібла низької проби для отримання іонів срібла, призначених для знезараження питної води, для чого слід створювати на електроді знижену щільність струму. Як наслідок, збільшується вихід срібла рівномірно витрачається матеріал електроду, суттєво знижуються концентрації домішок, які поступають у воду, а також витрати на придбання матеріалів для аноду.

1. Химическая энциклопедия: в 5 т. / под ред. А. М. Прохорова. – М. : сов. энцикл., 1988. 2. Кульский Л. А. Серебряная вода / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1987. – 109 с. 3. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М. : Изд-во Стандартов, 1984. – 9 с. 4. Карапетьянц М. Х. Общая и неорганическая химия / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. – М. : Химия, 1981. – 632 с. 5. Кульский Л. А. Основы химии и технологии воды / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1991. – 586 с. 6. Кульский Л. А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды: в 2-х т. – Киев : Наукова думка. – 1980. – 1206 с. 7. Прикладная электрохимия. – 2-е пераб. доп. / под. ред. Н. Т. Кудрявцева. – М. : Химия, 1975. – 552 с. 8. Плаксин И. Н. Металлургия благородных металлов / И. Н. Плаксин. – М. : Metallurgizdat, 1958. – 366 с. 9. Куканов В. А. Обеззараживание и фотохимическая очистка воды с использованием мощных импульсных ксенонных источников УФ-излучения / В. А. Куканов // Вода: экология и технология: Материалы IV междунар. конгр. – М. : 2000. – С. 363-364. 10. Агеенков В. Г. Электрометаллургия водных растворов (расчеты) / В. Г. Агеенков, А. И. Каковский.

– М. : Металлургиздат, 1977. – 144 с. 11. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: введены с 01.01.98. – М. : Госкомсанэпиднадзора России. – 1996. – 11 с.

Рецензент: д.т.н., професор Філіпчук В. Л. (НУВГП)

Arevadze I. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor (Donetsk National University)

BACTERICIDAL PROPERTIES OF IONS OF SILVER AND THEIR INFLUENCE ARE ON COLLIBACILLUS E.coli

The influence of cations and anions contained on natural water and the temperature factor on the bactericidal activity of silver ions was studied. Bactericidal active over a wide temperature range silver containing product – diaminarhentum-cation (cation-GAA), which generates directly in the flow of disinfected water by mixing electro derived Ag^+ cations with ammonia at concentrations below the last corresponding MAC was discussed. The influence of silver bactericidal activity in E.coli was determined.

Keywords: argentiferous preparation, cation, surface water.

Аревадзе И. Ю., к.т.н., доцент (Донецкий национальный университет)

БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ИОНОВ СЕРЕБРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КИШЕЧНУЮ ПАЛОЧКУ E.coli

Изучен характер влияния ряда катионов и анионов, которые содержатся в естественной воде, а также температурного фактора, на бактерицидную активность ионов серебра. Рассмотрено бактерицидно активный, в широком диапазоне температур, серебросодержащий препарат – диаминаргентум-катион (ДАА-катион), который генерирует непосредственно в потоке обеззараженной воды путем смешивания электролитически полученных катионов Ag^+ с аммиаком при концентрациях последних ниже соответствующих ПДК. Определено влияние бактерицидной активности серебра на кишечную палочку E.coli

Ключевые слова: серебросодержащий препарат, катеон, поверхностные воды.
