

Знешкодження гіпохлоритних рідких відходів у кавітаційних полях за адіабатичних умов

Н.М. Гнатишин*

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

*Corresponding author. E-mail: znak_zo@ukr.net

Paper received 22.03.15; Accepted for publication 09.06.15.

Анотація: Знешкодження рідких відходів, що містять натрію гіпохлорит, запропоновано здійснювати у кавітаційних полях. Для їх збудження використовують ультразвукові випромінювачі або гідродинамічні кавітатори. Кінетичні залежності зміни концентрації натрію гіпохлориту під час його розкладу у кавітаційних полях описано рівняннями поліному. На підставі їх аналізу розраховано тривалість процесу до повного розкладу натрію гіпохлориту. Установлено, що здійснення розкладу натрію гіпохлориту в адіабатичних умовах характеризується вищою, порівняно з ізотермічними умовами, швидкістю процесу та значно нижчими питомими витратами енергії. В адіабатичних умовах внаслідок зростання температури у середовищі створюються умови для виникнення розвиненої кавітації. Завдяки цьому енергія, що вноситься у середовище ультразвуковим випромінювачем, або гідродинамічним кавітатором повніше витрачається на розклад натрію гіпохлориту. Встановлено, що ефективність знешкодження гіпохлоритних рідких відходів за допомогою гідродинамічного кавітатора є вищою приблизно в 1,7 раз, ніж у разі застосування ультразвукового випромінювача. Це зумовлене тим, що весь гіпохлоритний розчин проходить через кавітаційний пристрій гідродинамічного кавітатора струменевого типу, а в разі ультразвукового випромінювача обробленню підлягає лише частина реакційного середовища, яке перебуває під магнітостриктором. На основі розрахованих значень порядку реакції розкладу натрію гіпохлориту, зміни величини окисно-відновного потенціалу реакційного середовища, яке з часом зростає, та аналізу механізму процесів у кавітаційних полях за участю молекул води як середовища та гіпохлорит-іонів дійшли висновку, що розклад натрію гіпохлориту в кавітаційних полях відбувається за радикальним механізмом. Обґрунтовано, що застосування гідродинамічного кавітатора для знешкодження промислових рідких відходів, що містять натрію гіпохлорит, є вельми перспективним.

Ключові слова: рідкі відходи, натрію гіпохлорит, знешкодження, кавітація, розклад

Висококонцентровані рідкі відходи, що містять до 40 г/дм^3 NaOCl , утворюються у технологіях каустичної соди і хлору, аеросилу, очищенні вентиляційних газів від хлору розчинами лугів [4]. Їх обсяги сягають декількох сотень м^3 на добу. Схожі за складом та за обсягами рідкі відходи, що містять кальцію гіпохлорит, утворюються у виробництві магнію та хлору. Зазначені відходи підлягають обов'язковому практично повному знешкодженню, оскільки натрію гіпохлорит володіє сильними окисними властивостями навіть у лужному середовищі (редокс-потенціал дорівнює близько 0,9 В) [3,10], а тому вони можуть нанести непоправної шкоди природним екосистемам, передусім водним, у разі їх скидання у довкілля.

Для знешкодження висококонцентрованих гіпохлоритних рідких відходів очищення стічних вод від гіпохлоритів запропоновано низку методів, які ґрунтуються на різних фізико-хімічних засадах. Їх можна розділити на термічні некаталітичні та каталітичні [7, 2, 6], реагентні [9, 11], фотохімічні [1]. Зараз найпоширенішим є термічне каталітичне знешкодження. Як каталізатори використовують сполуки металів зі змінним ступенем окиснення. Каталітична активність цих металів зменшується у такому порядку: $\text{Ir} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Fe} > \text{Mn}$ [7, 2]. Оскільки гіпохлоритні стічні води мають лужну реакцію ($\text{pH} > 12$), то NaOCl розкладається за кисневим механізмом, тобто з виділенням молекулярного кисню, а утворення шкідливих побічних продуктів, наприклад, хлору або хлоратів, що характерно в області нижчих значень pH , не відбувається [5].

Термічний каталітичний розклад є порівняно простим у технологічному та апаратурному аспектах. Однак цей процес через порівняно невисоку швидкість розкладу натрію гіпохлориту є доволі тривалим. Так, за температури близько 55°C та присутності Ніколу та Купруму сульфатів як каталізаторів тривалість процесу

складає 24-32 години, що зумовлює значні енергетичні витрати та його високу собівартість. Окрім того, каталізатор безповоротно втрачається у вигляді малорозчинних гідроксидів.

Зазначені й інші недоліки існуючих методів очищення рідких відходів від гіпохлоритів зумовлюють необхідність виконання досліджень, спрямованих на розроблення ефективної, екологічно та економічно обґрунтованої енерго-, ресурсозберігаючої технології знешкодження гіпохлоритних стічних вод.

Аналіз джерел інформації [11] й результати досліджень розкладу NaOCl за умов збудження явища кавітації та за ізотермічних умов, виконаних нами, дають підстави стверджувати, що значний практичний інтерес для знешкодження гіпохлоритних рідких відходів представляють методи, які ґрунтуються на здійсненні процесів у кавітаційних полях.

Дослідження розкладу натрію гіпохлориту під дією УЗ-випромінювань за ізотермічних умов підтвердило вищу, порівняно із промисловим термічним каталітичним методом, ефективність процесу. Але впродовж перебігу процесу частина енергії, яка підводиться у систему з акустичними коливаннями УЗ-діапазону, втрачається – відводиться з реактора теплоносієм, що необхідно для забезпечення ізотермічного режиму.

Тому метою роботи було вивчення розкладу натрію гіпохлориту за умов, що наближаються до адіабатичних – без відведення теплової енергії, що виділяється внаслідок перебігу кавітаційних явищ.

Дослідження виконували із використанням усереднених реальних рідких відходів виробництва каустичної соди та хлору із вмістом NaOCl 37 г/дм^3 ($0,503 \text{ моль/дм}^3$). Для збудження явища кавітації використовували ультразвуковий (УЗ) випромінювач магнітострикційного типу "Ultrasonic Disintegrator UD-20" (частота УЗ-випромінювання 22 кГц , потужність –

8,0...12,5 Вт) та гідродинамічний кавітатор (ГДК) струменевого типу з потужністю приводу 1,1 кВт. Хоча ці пристрої відрізняються потужністю та способом збудження кавітації, але перебіг процесів, що відбуваються у відповідних кавітаційних полях є тождивними. Об'єм реакційного середовища, який використовували у дослідженнях: у разі УЗ-випромінювача – 1 дм³, у разі ГДК – 10 дм³.

Залежності концентрації натрію гіпохлориту та зміна температури середовища у разі збудження явища кавітації УЗ-випромінювачем за початкової температури середовища 20°C наведено на рис. 1.

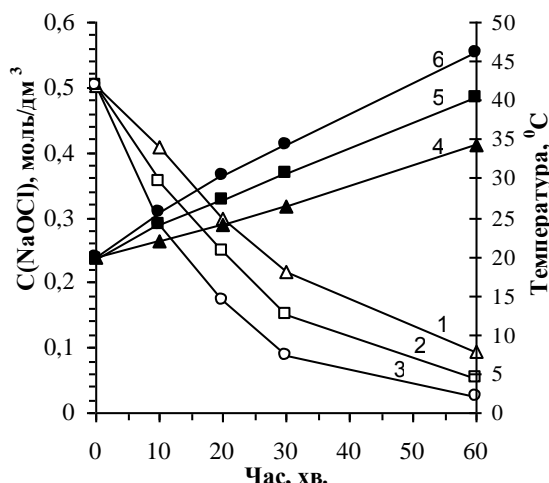


Рис. 1. Залежність концентрації NaOCl (1, 2, 3) та температури середовища (4, 5, 6) від потужності УЗ-випромінювача за адиабатичних умов: потужність УЗ-випромінювача, Вт: 8,0 – 1, 4; 10,2 – 2, 5; 12,5 – 3, 6

У початковий період зміна концентрації NaOCl у часі та відповідно швидкість процесу за адиабатичних умов, як і варто було очікувати, практично дорівнює такій самій зміні в ізотермічних умовах (20°C) за однакових потужностей УЗ-випромінювання. Так, як за ізотермічних, так й адиабатичних умов за потужності 8,0; 10,2 і 12,5 Вт початкова швидкість розкладу

NaOCl відповідно дорівнювала $1,26 \cdot 10^{-4}$; $1,51 \cdot 10^{-4}$ та $2,13 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³·с, а значення константи швидкості процесу становили відповідно $2,483 \cdot 10^{-4}$; $4,266 \cdot 10^{-4}$ і $6,839 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹.

Надалі, після 10...15 хв. спостерігається інтенсивніше, ніж за ізотермічних умов, зменшення концентрації натрію гіпохлориту, що пояснюється поступовим практично прямолінійним збільшенням температури середовища. Як наслідок, швидкість процесу в діапазоні зміни часу від 10 до 30 хв. практично не змінюється, хоча, відповідно до закону діючих мас, вона мала б зменшуватись через зменшення концентрації натрію гіпохлориту у реакційному середовищі. Отже, збільшення температури середовища внаслідок перебігу кавітації, компенсує зменшення концентрації реагенту. При цьому, середні значення констант швидкості процесу, розраховані для певних проміжків часу, до приблизно 60-ої хв. зростали (таблиця 1).

Отримані результати свідчать про збільшення ефективності внесення енергії внаслідок збудження явища кавітації, ніж у разі її підведення у вигляді теплової.

Важливим параметром процесу знешкодження рідких гіпохлоритних відходів як з технологічної, так і економічної точок зору є його тривалість. Вона визначає об'єми технологічного обладнання, енергетичні витрати на здійснення процесу тощо. Як зазначали вище, необхідне повне знешкодження гіпохлоритних рідких відходів. Оскільки тривалість процесу є значною, то її визначали переважно розрахунково. Лише в окремих випадках повноту перетворення натрію гіпохлориту визначали аналізом реакційного середовища на вміст NaOCl йодометричним методом.

Для розрахункового визначення тривалості розкладу експериментальні залежності концентрації NaOCl від часу описували рівняннями поліному як функцію $C(\text{NaOCl}) = f(\tau)$. Відповідні коефіцієнти поліномних рівнянь та величини достовірності апроксимації (R^2) наведено в таблиці 2. Значення R^2 , що не значно відрізняються від одиниці, свідчать про високу достовірність результатів.

Таблиця 1. Значення константи швидкості розкладу NaOCl у кавітаційних полях у різні періоди процесу за адиабатичних умов

№ з/п	Потужність УЗ-випромінювача, Вт	Інтервал часу, хв.	Діапазон зміни температури, град.	Середнє значення, $\text{к} \cdot 10^{-4}, \text{с}^{-1}$
1	8,0	10...20	22,1...24,1	4,62
2		20...30	24,1...27,6	7,61
3	10,2	10...20	24,0...27,2	11,10
4		20...30	27,2...30,6	10,23
5	12,5	10...20	25,7...30,4	12,29
6		20...30	30,4...34,3	15,33

Таблиця 2. Коефіцієнти поліномних рівнянь та відповідні величини достовірності апроксимації (R^2) для експериментальних даних, отриманих за адиабатичних умов

№ з/п	Потужність УЗ-випромінювача, Вт	Коефіцієнти поліному $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$ ($y = C(\text{NaOCl}); x = \tau$)				R^2
		a	b	c	d	
1	8,0	$2 \cdot 10^{-6}$	$-4 \cdot 10^{-5}$	$-9,8 \cdot 10^{-2}$	0,504	0,998
2	10,2	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$-1,6 \cdot 10^{-2}$	0,501	0,997
3	12,5	$-3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$-2,5 \cdot 10^{-2}$	0,501	0,993

Отримані рівняння розв'язували щодо часу (τ), тобто за значення $C(\text{NaOCl}) = 0$.

З урахуванням тривалості процесу й потужності випромінювання розраховували питомі витрати енергії на розклад натрію гіпохлориту за рівнянням, кДж/дм^3 :

$$E = \frac{N \cdot \tau \cdot 3600}{V},$$

де N – потужність УЗ-випромінювача, Вт;

τ – тривалість процесу розкладу, год.;

V – об'єм гіпохлоритних рідких відходів, які піддавали кавітаційному обробленню ($V = 1 \text{ дм}^3$).

Результати досліджень розкладу натрію гіпохлориту під дією УЗ-випромінювання за ізотермічних та адіабатичних умов наведено у таблиці 3.

Як видно з табл. 3, в усіх випадках, тобто і в ізотермічних умовах за різних температур, і в адіабатичних збільшення потужності УЗ-випромінювача однозначно приводить до зменшення тривалості процесу. Однак залежність питомої витрати енергії на розклад натрію гіпохлориту від потужності УЗ-випромінювання має різний характер. Так, в ізотермічних за 20 і 30°C та адіабатичних ($t_0 = 20^\circ\text{C}$) умовах збільшення потужності УЗ-випромінювання призводить до збільшення питомої витрати енергії, а в ізотермічних умовах за 40°C – до зменшення.

Таблиця 3. Тривалість процесу та значення питомої енергії на розклад NaOCl в ізотермічних та адіабатичних умовах за різної потужності УЗ-випромінювача

№ з/п	Умови досліджу	Тривалість процесу розкладу, год.			Значення питомої енергії, кДж/дм^3		
		8,0 Вт	10,2 Вт	12,5 Вт	8,0 Вт	10,2 Вт	12,5 Вт
1	Ізотермічні, 20°C	18,3	14,8	12,8	527	544	576
2	Ізотермічні, 30°C	15,0	12,4	10,6	432	455	477
3	Ізотермічні, 40°C	13,5	9,8	7,9	389	360	355
4	Адiабатичні, $t_0 = 20^\circ\text{C}$	9,1	7,9	6,9	226	290	310

Збільшення енерговитрат за нижчих температур в ізотермічних умовах розкладу NaOCl можна пояснити порівняно низьким парціальним тиском водяної пари, внаслідок чого виникнення зародків кавітаційних бульбашок утруднюється. Підвищення температури приводить до зростання парціального тиску водяної пари, і, як наслідок, явище кавітації збуджується легше. Про це свідчить деяке зменшення питомої енерговитрати у разі збільшення температури процесу з 20 до 30°C. У разі здійснення процесу за 40°C підвищення потужності УЗ-випромінювання спричиняє зменшення питомих енерговитрат. Це зумовлене істотним збільшенням парціального тиску водяної пари та створенням енергетично вигідніших умов збудження кавітації. При цьому явище кавітації набуває характеру явища, розвинутого в просторі. Це означає, що змикання первинної кавітаційної бульбашки спричиняє виникнення, розвиток і змикання вторинної кавітаційної бульбашки і так далі. Звичайно, що процес розвитку кавітації за участю первинної кавітаційної бульбашки у часі затухає, але порівняно із перебігом процесу за нижчих температур це явище має розвинутий характер. Це й зумовлює зменшення витрат енергії на розклад натрію гіпохлориту.

За адіабатичних умов питомі витрати енергії на розклад NaOCl зі збільшенням потужності УЗ-випромінювача від 8,0 до 12,5 Вт зростають на 37%. Ймовірно, це зумовлено збільшенням швидкості розкладу NaOCl на початкових стадіях процесу й, відповідно, істотним зменшенням концентрації гіпохлорит-іонів. Тому значна кількість енергії УЗ-випромінювання витрачається не на розклад NaOCl , а на непродуктивну витрату енергії на нагрівання середовища. Тобто, зі зменшенням концентрації NaOCl селективність дії УЗ-випромінювання зменшується. Проте, навіть незважаючи на збільшення питомої енерговитрати, вони є меншими, ніж у разі реалізації процесу в ізотермічних умовах. Очевидно, що акумуляція енергії, що виділяється внаслідок

кавітації, в реакційному середовищі сприяє розвитку кавітаційних явищ.

Порядок реакції розкладу натрію гіпохлориту в кавітаційних полях змінюється в межах від 0,89 до 1,03, тобто є близьким до одиниці. Така величина порядку реакції притаманна для реакцій, що відбуваються за радикальним механізмом. Такий висновок підтверджується аналізом процесів у кавітаційному полі за участю гіпохлорит-іонів та води як молекул середовища.

Перш за все, у кавітаційному полі відбувається розклад – соноліз – молекул води з утворенням цілої низки проміжних продуктів [8]; цей процес зображають схематично так:



Внаслідок виділення теплової енергії в зоні змикання кавітаційної бульбашки розкладається гіпохлорит-іон, а, оскільки середовище є лужним, то цей розклад відбувається за кисневим механізмом, тобто з виділенням атомарного Оксигену



Утворенні під час сонолізу води продукти відновного характеру взаємодіють з гіпохлорит-іоном:



Це сприяє знешкодженню гіпохлорит-іонів у рідких відходах.

Локальне підвищення величини окисно-відновного середовища до значень понад 0,72 В, тоді як ця величина початкових відходів не перевищувала 0,6 В, свідчить про появу й тимчасове накопичення у середовищі сполук із сильними окисними властивостями, наприклад, HO_2^\bullet .

Магнітострикційні УЗ-випромінювачі, як правило, характеризуються порівняно невисокими значеннями коефіцієнта корисної дії. Тому наступним етапом робо-

ти було дослідження розкладу натрію гіпохлориту в струменевому гідродинамічному кавітаторі. У цих апаратах усе без винятку реакційне середовище проходить через зону кавітації, тобто підлягає обробленню в кавітаційних полях, тоді як в УЗ-випромінювачах зона оброблення розчину розташована під магнітостриктором і обмежена в просторі. Окрім того, в УЗ-випромінювачі і гідродинамічному кавітаторі ефект кавітації збуджується принципово різними способами, а тому необхідно було підтвердити схожість закономірностей процесів розкладу натрію гіпохлориту в обох типах апаратів. Надалі це дасть змогу масштабувати процес знешкодження гіпохлоритних стічних вод під час розроблення відповідної технології і проектування промислової установки заданої продуктивності.

Дослідження виконували на установці з гідродинамічним кавітатором струменевого типу. Об'єм гіпохлоритних стічних вод, який використовували у кожному з досліджень, дорівнював 10 дм³. Дослідження проводили за тиску на вході у струменевий кавітатор 0,57 МПа.

Зміну концентрації натрію гіпохлориту у гідродинамічному кавітаторі за ізотермічних та адиабатичних умов наведено на рис. 2. На підставі отриманих даних розраховано деякі кінетичні параметри процесу. Так, швидкість розкладу натрію гіпохлориту в гідродинамічному кавітаторі за ізотермічних умов за температури 20°C дорівнювала $3,70 \cdot 10^{-4}$ моль/с·дм³, що 1,73 рази більше, ніж за тих самих умов в УЗ-випромінювачі. При цьому константа швидкості сягає значень $1,017 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ (у разі УЗ-випромінювача вона дорівнювала $6,839 \cdot 10^{-4}$), а порядок реакції дорівнював 0,97, тобто також наближався до 1.

За адиабатичних умов швидкість процесу в ГДК зростає до $5,37 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³·с, проти $2,38 \cdot 10^{-4}$ в УЗ-випромінювачі.

Впродовж перших 10 хв. процесу за адиабатичних умов середнє значення константи швидкості дорівнювало $1,883 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, а з часом зросло до 0,55 (в інтервалі зміни температури від 29 до 34 °С), що, очевидно, пояснюється зростанням температури середовища.

Здійснення процесу знешкодження гіпохлоритних стічних вод у гідродинамічному кавітаторі дав змогу

скоротити тривалість розкладу NaOCl до 7,7 і 4,2 год. відповідно за ізотермічного (20 °С) та адиабатичного теплових режимів. Відповідно питома витрата енергії дорівнювала 304 і 166 кДж/дм³. Порівняно із найнижчими значеннями питомої витрати енергії, які розраховано за даними досліджень з використанням УЗ-випромінювача, ці значення для гідродинамічного кавітатора є приблизно в 1,7 рази меншими.

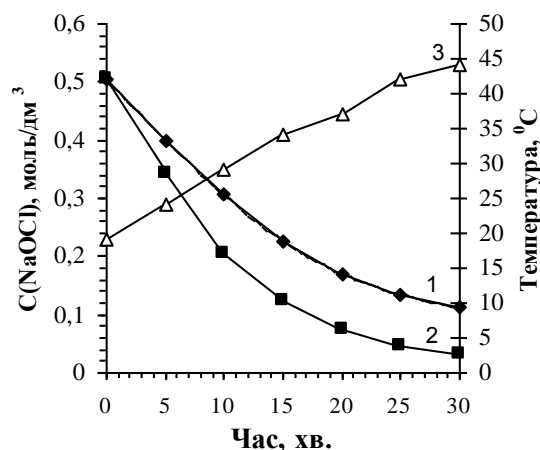


Рис. 2. Залежність концентрації NaOCl (1, 2) та температури середовища за адиабатичних умов (3) від часу в гідродинамічному кавітаторі, умови:

1 – ізотермічні, 20 °С; 2 – адиабатичні ($t_0=20$ °С)

Отримані результати переконливо свідчать про енергетичну ефективність знешкодження гіпохлоритних стічних вод із застосуванням гідродинамічного кавітатора струменевого типу та здійснення процесу в адиабатичному режимі. Окрім того, є підстави очікувати, що застосування насосів, якими подають рідиннофазне середовище у кавітатор і які характеризуються більшими продуктивністю та напором, дасть змогу досягнути ще вищої ефективності процесу знешкодження гіпохлоритних стічних вод. Це зумовлене тим, що за збільшення напору швидкість струменів, а відтак і їх кінетична енергія зростатимуть, а, отже, збуджуватимуться інтенсивніші кавітаційні поля – як наслідок, швидкість розкладу натрію гіпохлориту збільшуватиметься.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Бикбулатов И.Х. Безотходное производство хлоргидринов. – М.: Химия, 2000. – 167 с.
- [2] Church, J.A. Kinetics of the uncatalyzed and Cu(II)-catalyzed decomposition of sodium hypochlorite // Ind. Eng. Chem. Res. – 1994. – V. 33. – P. 239-245.
- [3] Frank A. Miller. Disinfection with Liquid Sodium Hypochlorite: Principles, Methods, and Lessons Learned // Florida Water Resources Journal. – 2012. – April. – P. 4-8.
- [4] Знак З.О., Гнатишин Н.М. Інтенсифікація термічного розкладу натрію та кальцію гіпохлоритів // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2010, – № 6/6 (48). – С. 40-43.
- [5] Колесников И.В. Устойчивость реальных растворов гипохлорита натрия // Хим. пром. 1991. – № 6. – С. 361-365.
- [6] Kwang-Wook Kim, Eil-Hee Lee, Dong-Yong Chung, Jei-Kwon Moon, Hyun-Soo Shin, Jung-Sik Kim, Dong-Woo Shin. Manufacture characteristics of metal oxide-hydroxides for the catalytic decomposition of a sodium hypochlorite solution // Chemical Engineering Journal. 2012. – № 8. – P. 200-202.
- [7] Lister, M.W. Decomposition of sodium hypochlorite; the catalyzed reaction // Canadian Journal of Chemistry. 2011. – № 34(4). – P. 479-488.
- [8] Маргулис М.А. Основы звукохимии. - М.: Высшая школа, 1984. – 288 с.
- [9] Moorhouse, J. Modern Chlor-Alkali Technology – Chichester: MPG Books Ltd. – 2001. – 48 p.
- [10] Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
- [11] Yangang Feng, Daniel W. Smith, James R. Bolton. Photolesis of aqueous free chlorine species (HOCl and OCl⁻) with 254 nm ultraviolet light // J. Environ. Eng. – 2007. – № 6. – P. 277-284.

REFERENCES

- [1] Bikbulatov, I.H. Waste-free production of chlorohydrins. 2000. – M.: Chemistry. – 167 p.
- [2] Church, J.A. Kinetics of the uncatalyzed and Cu(II)-catalyzed decomposition of sodium hypochlorite. // *Ind. Eng. Chem. Res.* 1994, № 33. – P. 239-245.
- [3] Frank A. Miller. Disinfection with Liquid Sodium Hypochlorite: Principles, Methods, and Lessons Learned. // *Florida Water Resources Journal*. 2012, April. –P. 4-8.
- [4] Znak, Z.O., Hnatyshyn N.M. Intensification of thermal decomposition of sodium and calcium hypochlorite. // *East-European Journal of advanced technologies*. 2010. № 6/6 (48). – P. 40–43.
- [5] Kolesnikov, I.V. Stability of real solutions of sodium hypochlorite // *Chem. Ind.* 1991. №6. – P. 361-365.
- [6] Kwang-Wook Kim, Eil-Hee Lee, Dong-Yong Chung, Jei-Kwon Moon, Hyun-Soo Shin, Jung-Sik Kim, Dong-Woo Shin. Manufacture characteristics of metal oxide–hydroxides for the catalytic decomposition of a sodium hypochlorite solution. // *Chemical Engineering Journal*. 2012. № 8. – P. 200–202.
- [7] Lister, M.W. Decomposition of sodium hypochlorite; the catalyzed reaction. // *Canadian Journal of Chemistry*. 2011. № 34(4). – P. 479–488.
- [8] Margulis, M.A. Fundamentals of sonochemistry. –M.: Higher School, 1984. – 288 p.
- [9] Moorhouse, J. Modern Chlor-Alkali Technology. Chichester: 2001. MPG Books Ltd. 48 p.
- [10] Zapolskyi, A.K., Mishkova-Klymenko, N.A., Astrelin, I.M. Physical and chemical bases of technology of wastewater treatment. 2000. - K.: Libra. 552 p.
- [11] Yangang Feng, Daniel W. Smith, James R. Bolton. Photolysis of aqueous free chlorine species (HOCl and OCl⁻) with 254 nm ultraviolet light. // *J. Environ. Eng.* 2007. № 6. – P. 277–284.

Neutralization hypochloritic liquid waste in cavitation fields under adiabatic conditions

N.M. Hnatyshyn

Abstract: The treatment of liquid waste containing sodium hypochlorite proposed to be implemented in the cavitation fields. For excitation applied ultrasonic emitters or hydrodynamic cavitators. Kinetic dependences of change of concentration of sodium hypochlorite during its decomposition in cavitation fields are described by polynomial equations. On the basis of their analysis calculated the duration of the process until complete decomposition of sodium hypochlorite. It is established that the implementation schedule of sodium hypochlorite in debating conditions characterized by higher compared to isothermal conditions, the speed of the process and significantly lower unit costs of energy. Under adiabatic conditions, the temperature rise formed the conditions for the emergence of developed cavitation. Thanks to this, the energy deposited in a medium by an ultrasonic emitter, or hydrodynamic cavitator better spent on the decomposition of sodium hypochlorite. It is established that the efficiency of neutralization of hypochloritic liquid waste using hydrodynamic cavitator above about 1.7 times lower than in case of using an ultrasonic transducer. This is because all hypochloritic solution passes through the cavitation device of the hydrodynamic cavitator jet type. In the case of an ultrasonic transducer treatment is subject to only a portion of the reaction medium, which is under magnetostriction. Based on the calculated values of the order of the decomposition reaction of sodium hypochlorite, change the value of the red-ox potential of the reaction environment, which grows over time, and analysis of the mechanism of cavitation processes in the fields with the participation of water molecules as environment and hypochlorite ion came to the conclusion that the schedule of sodium hypochlorite in cavitation fields takes place by a radical mechanism. It is proved that application of hydrodynamic cavitator for disposal of industrial liquid waste containing sodium hypochlorite, is a very promising.

Keywords: liquid waste, sodium hypochlorite, decontamination, cavitation, schedule