

Л.В. Савчук, З.О. Знак, Н.Р. Віннічек, Р.В. Мних  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімії і технології неорганічних речовин

## ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ КАВІТАЦІЙНОГО ОБРОБЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ВОДИ

© Савчук Л.В., Знак З.О., Віннічек Н.Р., Мних Р.В., 2009

**Досліджено вплив ультразвукового оброблення на характер проходження основних процесів водопідготовки – коагуляцію, адсорбцію та біологічне очищення стоків.**

**Influence of ultrasonic on course of the basic processes of water-preparation - coagulation, adsorption and biological clearing of sewage is investigated.**

**Постановка проблеми.** Забезпечення населення України доброякісною питною водою є однією з найважливіших проблем сьогодення, бо від стану води залежить здоров'я громадян, ступінь екологічної та епідеміологічної безпеки цілих регіонів, а відтак їх соціальний та економічний розвиток. Стан питного водопостачання населення більшості міст України є незадовільним. Якість води, що подається безпосередньо споживачам, не відповідає нормам Держстандарту (1982р.), який чинний сьогодні, і дуже далека від Державних санітарних правил і норм «Вода питна», розроблених 2000 року відповідно до рекомендацій європейської співдружності. Незадовільний санітарно-гігієнічний стан водопостачання пов'язаний з тяжкою екологічною ситуацією не в окремих регіонах, а загалом в усій Україні. Очищення стічних вод великих підприємств незадовільне, а на більшості малих підприємств і підприємствах харчової промисловості практично відсутнє. І стічні води – або загалом не очищені, або очищені недостатньо – потрапляють в поверхневі водойми, а внаслідок викидання без очищення в довкілля, зокрема на поля, забруднюють не тільки поверхневі, але й підземні джерела питного водопостачання. Велика кількість методів очищення води пропонує використання різних хімічних реагентів, які можуть частково залишатися після очищення у воді, крім того, ці методи довготривалі, а реагенти доволі дорогі. Оброблення води пружними коливаннями різної природи, згідно з даними літературних джерел [1–3], позитивно впливає на багато процесів кондиціонування води, зокрема коагуляцію, адсорбцію, знезараження тощо. Одночасно, під час використання цих методів додатково не вводять хімічних реагентів, що доволі важливо для процесів водоочищення. Тому наші дослідження присвячені використанню кавітаційного оброблення води у процесах кондиціонування води.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найхарактернішим забрудненням природної води є завислі речовини, завищений вміст сполук, які зумовлюють твердість води (кальцію, магнію, заліза) та її кольоровість, крім того, вода характеризується незадовільними санітарно-бактеріологічними показниками. Покращують ці показники якості води коагуляцією, знезараженням, відстоюванням, фільтруванням. Стічні води промислових підприємств характеризуються приблизно такими самими забруднювачами, але вони мають різноманітніший склад і їх кількість у водах, які викидають, на два–три порядки перевищує ці показники в природних водах. Стічні води підприємств харчової (м'ясо-молочної, птахопереробної тощо) промисловості характеризуються високим вмістом жирів, білків, поверхнево-активних речовин, лімфи, крові тощо. І в цьому випадку використовують приблизно ті самі методи очищення, але обсяги реагентів більші і відповідно процеси ці є складнішими за очищення природних вод. Одним із поширених методів очищення води від вказаних вище речовин є коагуляція [1, 2]. Однак

цей процес є доволі тривалим й потребує достатньо громіздкого обладнання. Для інтенсифікації коагуляції пропонують використовувати фізичні методи, а саме – накладання електричного і магнітного полів, дію іонізуючого випромінювання та ультразвуку тощо [2 – 4]. Ультразвукове оброблення пропонують також використовувати для кондиціонування стічних вод: їх знезараження, очищення від органічних домішок, запобігання утворення накипу та усунення обростання теплообмінної апаратури [7]. У більшості літературних джерел позитивний вплив ультразвукового оброблення зводиться до кавітаційного ефекту, однозначного пояснення якого в літературі немає.

**Мета роботи.** Дослідження впливу кавітаційного оброблення на процеси кондиціонування вод.

**Результати та їх обговорення.** Очищення природної води від сполук, які спричиняють каламутність, кольоровість та завищений вміст солей твердості, здійснювали коагуляцією і адсорбцією. Очищали «модельну» воду, яка характеризувалася завищеним вмістом заліза ( $1,2 \text{ мг/дм}^3$ ), високими значеннями загальної твердості ( $10 \text{ мгекв./дм}^3$ ), кольоровості (40 К) і низькою прозорістю ( $\sim 70\%$ ), рН такої води 7,2. «Модельна» вода за складом практично відтворює питну воду, що подається комунальною мережею в один із житлових районів м. Львова. В процесах коагуляції використовували алюмінієві та залізні коагулянти. Попередньо вплив ультразвукового опромінення на показники якості води досліджували з використанням випромінювача «Ultrasonic UD-20» магнітострикційного типу. Аналіз «модельної» та очищеної води здійснювали за загальновідомими методиками [5,6]. Попередні дослідження показали, що оброблення ультразвуком доцільніше здійснювати перед додаванням коагулянту, що можна пояснити короткотривалістю існування активних частинок, які інтенсифікують досліджуваний процес. Але ультразвукова кавітація у великомасштабних промислових процесах не використовується через: значні затрати на генерацію кавітаційних бульбашок, швидкого загасання ультразвукових хвиль у технологічних суспензіях, обмеження локальної дії ультразвуку зоною коливань поверхнею випромінювання, руйнування робочих поверхонь кавітацією тощо. Ці недоліки повністю усуваються в гідродинамічних апаратах, у яких кавітація виникає за взаємодії потоків між собою або за участі різних кавітаторів. Особливо ефективною є суперкавітація – створення каверн значних розмірів, які закриваються за межами робочих органів, що запобігає їх руйнуванню. Дослідження впливу процесу суперкавітації на коагуляцію і адсорбції здійснювали на гідродинамічному апараті із кварцового скла з металевим кавітатором у вигляді конуса. Отримані результати досліджень наведені в таблиці.

Як видно з отриманих результатів, гідродинамічна кавітація істотно впливає на процес коагуляції, тобто показники якості води. Процеси, які виникають у цьому випадку, більшість вчених пояснює дією механічних чинників, а решта – хімічні, термічні і електричні сили – є наслідком цієї дії і супроводжують її. Механічна дія насамперед визначається ударними хвилями, які генеруються бульбашками, що закриваються (так зване сферичне замикання), і по-друге – є наслідком ударів і проникнення кумулятивних струмин рідини, які утворюються при закриванні бульбашок (несферичне замикання). Кращі показники під час використання як коагулянту солі Заліза (II) пояснюються виникненням протягом процесу великої кількості вільних радикалів та пероксидних сполук, які доокиснюють його і одночасно активують. Підвищення ступеня вилучення сполук Кальцію і Магнію, на нашу думку, пов'язане з прискоренням реакції обміну з утворенням нерозчинних осадів. Внаслідок використання як ультразвукового, так і гідродинамічного оброблення активна реакція водного розчину зменшується значно менше, ніж протягом коагуляції, що є позитивним, бо розчини не потрібно додатково підлогувати, тобто вносити у воду додаткові її забруднювачі.

**Дослідження впливу процесу коагуляції  
та дії акустичних коливань на показники якості води**

Коагулянт, випромінювач	Ступінь вилучення, %		Al залишковий, мг/л	Прозорість, %	рН
	Fe <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>			
1	2	3	4	5	6
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	75	13	0,30	73	5,0-5,3
Ультразвуковий + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	94	48	0,09	87	6,2-6,5
Гідродинамічний кавітатор + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	98	55	сліди	92	7,0-7,2
FeSO <sub>4</sub>	62	8	-	72	5,8-6,0
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	69	12	-	73	5,2-5,5
Ультразвуковий + FeSO <sub>4</sub>	91	42	-	83	7,0-7,3
Ультразвуковий + Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	92	42	-	82	7,2-7,3
Гідродинамічний кавітатор + FeSO <sub>4</sub>	96	50	-	88	7,3-7,4
Гідродинамічний кавітатор + Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	92	45	-	83	7,5

Повторне оброблення стоків у кавітаторів дає змогу підвищити ступінь їх очищення в середньому на 10...15 %, а приріст цього показника після наступного оброблення становить 2...5 %.

У процесах підготовки природної води широкого використання набули сорбційні методи. Очисна дія багатьох побутових фільтрів ґрунтується саме на сорбційних процесах. Як сорбенти використовують найрізноманітніші матеріали, серед яких значне місце займають природні цеоліти різних родовищ, зокрема клиноптилоліт і морденіт Сокирницького родовища (Закарпаття). Перед використанням цеоліт відмивали від забруднювачів, що давало змогу збільшити об'єм пор, а потім після сушіння використовували як сорбент для очищення води від каламуті, завищеної кольоровості та катіонів, які зумовлюють твердість (сполук Кальцію, Магнію і Заліза). Установка з генерування ультразвуку давала змогу працювати в статичних умовах, тобто здійснювати озвучення води за наявного в ній нерухомого шару цеолітів. Після 3-хвилинного оброблення підвищувалась прозорість води до 90%, зменшувалась кольоровість до 10 К, практично повністю поглиналося залізо, а основні катіони, що зумовлюють твердість – кальцій і магній, майже не сорбуються. Щодо аніонного складу води, то він практично не змінюється, усувається близько 30% хлоридів і дуже незначна кількість гідрогенкарбонатів. Подальше збільшення часу ультразвукового активування не впливає на сорбційну здатність цеолітів. Під час використання гідродинамічних апаратів для активування процесів очищення води сорбентами внаслідок гідравлічних ударів, що виникають, руйнується структура цеоліту і погіршується процес очищення, крім того, вода додатково забруднюється дрібнокристалічними рештками, які погіршують органолептичні показники.

Отримані результати дають підстави очікувати, що кавітаційне оброблення дасть змогу інтенсифікувати процеси очищення стічних вод підприємств м'ясомолочної промисловості не тільки від речовин, що зумовлюють високі значення ХСК і БСК, але і знезаражування цих стоків.

**Висновки.** Результати виконаних досліджень показали, що оброблення вод в полі дії ультразвукових коливань і гідродинамічному кавітаторі інтенсифікує процеси кондиціонування та покращує показники якості води: збільшує прозорість, ступінь вилучення заліза, зменшує кольоровість і загальну твердість. Вибір методу оброблення води залежить від її початкового

якісного та кількісного складу. Для очищення стоків раціональнішим є застосування гідродинамічного методу інтенсифікації.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу акустичних коливань на санітарно-гігієнічні показники води.

1. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. – Л., Химия, 1987. – 203 с. 2. Запольский А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькові Т.В. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод: Підручник / Під ред. А.К. Запольського. – К., Лібра, 2000. – 552 с. 3. Гончарук В.В., Малярєнко В.В., Яременко В.А. О механизме воздействия ультразвука на водные системы // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26. – №3. – С. 275–286. 4. Мушоров Н.З., Давыдова П.А., Багрова Н.И. Способ очистки воды от железа. – М.: Химия, 1999. – 159 с. 5. Унифицированные методы анализа воды / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М., Химия, 1973. – С.57–98. 6. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 273с.

УДК 539.232

П.Й. Шаповал<sup>1</sup>, Ф.І. Цюпко<sup>1</sup>, В.В. Кусьнеж<sup>2</sup>, Г.А. Ільчук<sup>2</sup>  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
<sup>1</sup>кафедра аналітичної хімії, <sup>2</sup>кафедра фізики

## ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК CdS, ОТРИМАНИХ СПОСОБОМ ХІМІЧНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ОСАДЖЕННЯ

© Шаповал П.Й., Цюпко Ф.І., Кусьнеж В.В., Ільчук Г.А., 2009

**Способом хімічного поверхневого осадження (ХПО) отримано тонкі плівки CdS із водних розчинів кадмійвмісних солей. Запропоновано і відпрацьовано різні модифікації методики ХПО. Вивчено оптичні спектри поглинання, морфологію поверхні та ступінь кристалічності отриманих покриттів.**

**CdS thin films were obtained from aqueous solutions of cadmium-containing salts by method of chemical surface deposition (CSD). The various modification techniques CSD were proposed and developed. The optical absorption spectra, surface morphology and crystallinity degree of obtained coatings were studied.**

**Постановка проблеми.** Розробляючи конструкцію тонкоплівкових сонячних елементів (СЕ) на основі CdTe для інтенсифікації фотоелектричних процесів використовується ефект широкозонного "вікна" [1], що дає змогу зменшити негативний вплив поверхневої рекомбінації нерівноважних носіїв заряду за рахунок видалення області їх активної генерації від освітлюваної поверхні. Як широкозонне "вікно" для сонячного випромінювання використовують сульфід кадмію, ширина забороненої зони якого становить  $E_g = 2,4$  еВ. Покращання ефективності фотоперетворення шляхом збільшення струму короткого замикання в сонячних комірках типу CdS/CdTe вимагає зменшення втрат на оптичне поглинання фотонів з енергіями  $h\nu < 2,4$  еВ у вікні CdS а, отже, використання тонких плівок CdS.