

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПРОЦЕС КОАГУЛЮВАННЯ

Ї Савчук Л.В., Знак З.О., Оленич Р.Р., 2008

Наведено результати експериментальних досліджень впливу ультразвукового оброблення води на процес коагулювання. Встановлено оптимальні умови ультразвукового оброблення та режими додавання коагулянту – водного розчину алюмінію сульфату.

The outcomes of experimental researches of influencing of ultrasonic processing of water on process of coagulation are adduced. The optimum conditions of ultrasonic processing and modes of the introducing of a coagulum – aqueous solution of aluminium sulphate are established.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення населення України доброякісною питною водою є дуже важливою, оскільки від якості води залежить стан здоров'я громадян, ступінь екологічної і епідеміологічної безпеки цілих регіонів, а відтак їх соціальний та економічний розвиток. Аналіз стану питного водопостачання населення більшості міст України показав, що якість питної води і рівень її споживання є незадовільним, а в деяких населених пунктах, особливо півдня і сходу держави, ця проблема є кризовою. Якість води, що подається безпосереднім 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. Якщо центральні, східні і південні регіони постачаються водою з поверхневих джерел і їх незадовільний санітарно-гігієнічний стан визначається важкою екологічною ситуацією в цих районах, то в західних регіонах, зазвичай, це переважно зв'язано із станом водогонів, які не замінювали десятиліттями, і які виконані з чорного металу без антикорозійного покриття. Величезні кошти, які потрібні для заміни водогонів, наразі відсутні, тому реальним напрямком покращання загального стану водопостачання населення є доочищення води перед безпосередньою подаванням її споживачам. Ураховуючи дефіцит води, що спричиняє збільшення її вартості, та високу вартість землі в Україні, технологія доочищення повинна бути ефективною, але порівняно дешевою, а обладнання – високоефективним, надійним у роботі, легким у керуванні, компактним, добре піддаватися механізації та автоматизації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найхарактернішим забрудненням природної води є завислі речовини та сполуки заліза. Одним із поширених методів очищення від цих речовин є коагуляція [1]. Однак цей процес є доволі тривалим й потребує достатньо громіздкого обладнання. Для інтенсифікації коагуляції запропоновано застосовувати фізичні методи, а саме – накладання електричного та магнітного полів, дію іонізуючого випромінювання та ультразвуку тощо [2]. Ультразвукове оброблення пропонують використовувати для знезараження води, її очищення від органічних домішок, запобігання утворення та усунення уже існуючого накипу [3,4]. Результати ж експериментальних досліджень щодо впливу цього методу на коагуляцію в літературі відсутні.

Мета роботи. Дослідження впливу ультразвуку на процес коагуляції.

На процес коагуляції впливає багато чинників, серед яких визначальними є доза коагулянту, тривалість процесу, послідовність введення коагулянту до води, яку очищують, тощо. Вплив усіх цих чинників на процес коагуляції для кожної конкретної води визначають експериментально в лабораторії й перевіряють у промислових умовах. З цією метою дослідження процесу коагуляції виконували на “модельній” воді, яка за складом практично відтворює питну воду, що подається комунальною мережею в Сихівський житловий район м. Львова (табл. 1).

Хімічний склад “модельної” води

Прозорість, %	Вміст Феруму, мг/дм ³	рН	Катіонно-аніонний склад, мг/дм ³					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	∑(K ⁺ + Na ⁺)	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl
70,3	1,2	7,3	168,0	25,2	6,9	390,4	105,6	74,6

Дослідження впливу дії ультразвуку на процес коагуляції, аналіз “модельної” та очищеної води здійснювали за загальновідомими методиками [5,6]. Повний аналіз катіонно-аніонного складу виконували для проб, у яких досягали найкращих показників. Всі інші проби аналізували на вміст тих показників, які у “модельній” воді не відповідають вимогам ГОСТу 2876-82 “Вода питна”, а саме вміст Заліза (III), загальну твердість, прозорість та залишковий вміст Алюмінію. Як коагулянт використовували 1 і 2%-ні водні розчини алюмінію сульфату в кількості 10 мл на 1 дм³ води, яку очищують. За допомогою ультразвукового генератора UD – 20 отримували постійні пружні коливання з частотою 20 кГц за різної потужності – $(1...5) \cdot 10^4$ Вт/м². Потужність ультразвуку вибирали експериментально. Виконані попередні дослідження показали, що оброблення ультразвуком доцільніше здійснювати перед додаванням коагулянту. Отримані результати досліджень наведені в табл.2 і 3.

Спочатку визначали вплив потужності на основні показники якості води. Для цього “модельну” воду протягом 10 хв обробляли ультразвуком різної потужності. Як бачимо з результатів досліджень (табл. 2), збільшення потужності ультразвуку супроводжується підвищенням ступеня вилучення сполук заліза, збільшенням прозорості, зменшенням загальної твердості. Залишковий вміст Алюмінію спочатку зменшується, а вже за значення потужності $4 \cdot 10^4$ Вт/м² та вище дещо зростає. Тенденція до погіршення, із зростанням потужності озвучення водної системи (понад $4 \cdot 10^4$ Вт/м²), спостерігається і для інших показників. За збільшення концентрації коагулянта (2%) показники якості очищеної води дещо гірші, особливо це стосується вмісту сполук Алюмінію, він для всіх значень цієї потужності є вищим, ніж у попередньому випадку, але все ж не перевищує гранично допустимих (не більше 0,5 мг/дм³). Потрібно відмітити, що рН водної системи не залежить від потужності, а тільки від концентрації коагулянта, який вводять в систему, він дорівнює 5,5 за введення 1%-го і 6,0 – 2%-го розчинів.

Таблиця 2

Вплив ультразвуку на зміну показників води

Потужність УЗ-випромінювань, N·10 ⁻⁴ Вт/м ²	Ступінь вилучення, %		Al залишковий, мг/л	Прозорість, %
	Fe ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺		
Коагулянт – 1 %-й розчин Al ₂ (SO ₄) ₃				
1	87	28	0,20	78
1	2	3	4	5
2	92	32	0,11	86
3	94	48	0,09	87
4	90	39	0,10	84
5	81	38	0,12	82
Коагулянт – 2 %-ий розчин Al ₂ (SO ₄) ₃				
1	86	31	0,30	78
2	89	33	0,21	79
3	91	49	0,12	83
4	92	48	0,18	87
5	87	37	0,23	78

Як очевидно з отриманих результатів, оброблення водних систем ультразвуком є дієвим чинником інтенсифікації процесів коагуляції. Це пояснюється створенням областей з надвисокою концентрацією механічної енергії, яка спричиняє велику ударну силу, високі тиски і напруження зсування дисперсійного середовища (чистої води) щодо частинок дисперсної фази (забруднювачів), відбувається первинна поляризація зарядів у водних системах, яка зумовлює електрорушійну силу. Як наслідок, виникає електричний струм, величина якого залежить від електрорушійної сили поляризації та електропровідності розчину. За цього процесу температура водної системи підвищується, вивільняються водневі зв'язки,

руйнується гідратна оболонка навколо іонів, каркас води і кластерні комплекси. Підвищення температури відбувається також внаслідок перебігу явища кавітації. Озвучена вода містить велику кількість вільних радикалів, які взаємодіють з присутніми речовинами, активуючи їх, що позитивно впливає на подальший процес коагуляції. Зменшення рН водної системи свідчить, що в цій суспензії переважаючим є значення дисперсної фази, поверхня якої негативно заряджена. Ультразвукове опромінення не тільки прискорює, але й поглиблює хімічні процеси, зокрема усунення з води металів.

У попередніх дослідженнях час озвучення вибирали довільно, але це дуже важливий чинник, який впливає на техніко-економічні показники процесу очищення (енергетичні затрати, кавітаційне руйнування обладнання тощо), тому експериментально встановлювали оптимальний час УЗ-випромінювання для потужностей $3-5 \cdot 10^4$ Вт/м², як коагулянт використовували 1%-й розчин $Al_2(SO_4)_3$. Результати досліджень наведені в табл.3.

Таблиця 3

**Вплив тривалості озвучування води на зміну її показників
(коагулянт – 1 %-й розчин $Al_2(SO_4)_3$)**

Тривалість озвучування, хв	Ступінь вилучення, %		Al залишковий, мг/л	Прозорість, %
	Fe ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺		
Потужність $3 \cdot 10^4$ Вт/м ²				
5	87	43	0,10	78
10	94	48	0,09	87
1	2	3	4	5
15	97	50	0,11	92
20	97	48	0,12	92
25	98	25	0,12	97
Потужність $4 \cdot 10^4$ Вт/м ²				
5	72	31	0,10	80
10	91	36	0,11	83
15	92	39	0,10	85
20	94	40	0,12	87
25	94	42	0,11	92
Потужність $5 \cdot 10^4$ Вт/м ²				
5	69	31	0,20	79
10	81	35	0,15	85
15	74	38	0,12	84
20	87	40	0,12	83
25	91	39	0,12	84

Як очевидно з результатів досліджень, оптимальна тривалість озвучення – 15 хв, потужність – $3 \cdot 10^4$ Вт/м². При цьому досягаються такі показники: ступінь вилучення заліза – 97%, загальна твердість зменшується на 50%, прозорість становить 92%, а залишковий вміст Алюмінію – 0,11мг/дм³.

Висновки. Результати виконаних досліджень показали, що оброблення ультразвуком інтенсифікує процес коагуляції та покращує показники якості води: збільшує прозорість, ступінь вилучення заліза, зменшує кольоровість і загальну твердість. Найкращі показники процесу очищення води методом коагуляції досягаються за попереднього оброблення води ультразвуковим опроміненням частотою 20 кГц і потужністю $3 \cdot 10^4$ Вт/м².

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

1. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. – Л.: Химия, 1987. – 203с. 2. Запольский А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князьков Т.В. Фізико-хімічні основи очищення стічних вод: Підручник / Під ред. А.К. Запольского. – К.: Лібра, 2000. – 552 с. 3. Гончарук В.В., Маляренко 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. – 273 с.