

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД АНТИБІОТИКІВ

Лариса Саблій¹, Вероніка Жукова², Людмила Єпішова³

^{1,2}Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, пр. Перемоги, 36, корпус 4

³КП «Харківводоканал». Харків, вул. Шевченка, 2

¹докт. техн. наук, професор, larisasabliy@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4217-3535

²канд. техн. наук, доцент, verolis86@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8296-7519

ludmila_yepishova@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-3368-9719

DOI: 10.32347/2524-0021.2020.33.41-49

Анотація. Представлено технологію локального очищення стічних вод від антибіотиків, яка ґрунтується на послідовному використанні фізико-хімічних методів очищення та дозволяє видалити із стічних вод антибіотики і супутні їм речовини до вимог нормативних документів та відвести очищені стічні води в міську систему водовідведення. Для дослідження було використано модельні розчини цефуроксиму – антибіотика цефалоспоринового ряду, у дистильованій воді з концентрацією 25 і 35 мг/дм³. ХСК модельних розчинів, який становить, відповідно, 90 і 120 мг/дм³. Ефект зниження показника ХСК при коагуляції і відстоюванні стічних вод у випадку використання сульфату заліза III становив 79,2% і 75%, що вище на 4,2...6,7% ніж при застосування сульфата алюмінію. Встановлено зміну показника ХСК стічних вод фармацевтичного підприємства за етапами їх очищення: «аерація – коагуляція сульфатом заліза III – відстоювання – окиснення – фільтрування». Після фільтрації ефект зниження показника ХСК становив 95,8...100 % при початкових значення 120 і 90 мг/дм³ відповідно. Розроблено технологію локального очищення стічних вод від антибіотиків, яка ґрунтується на послідовному використанні фізико-хімічних методів очищення та дозволяє видалити із стічних вод антибіотики і супутні їм речовини до вимог нормативних документів та відвести очищені стічні води в міську систему водовідведення. Застосування фармацевтичними підприємствами розробленої технології локального очищення стічних вод від антибіотиків та супутніх їм речовин призведе до забезпечення вимог скиду виробничих стічних вод у міську систему водовідведення, до суттєвого зниження небезпеки впливу антибіотиків на мікроорганізми активного мулу біологічних очисних споруд міста, до зменшення експлуатаційних витрат на досягнення гранично-допустимих скидів (ГДС) стічних вод у природну водойму.

Ключові слова: очищення стічних вод; антибіотики; фармацевтичне підприємство; сульфат алюмінію; цефуроксим; сульфат заліза.

ВСТУП

Охорона довкілля має бути у пріоритетах державної політики, українці мають дивитися на всі сфери життя крізь екологічну призму, а бізнес поступово переходити до екологічно дружніх процесів виробництва. Екологічні стандарти повинні бути інтегровані у всі сфери економіки та повсякденне

життя українців. Така система успішно діє в європейських країнах і має бути апробована і в нашій країні. Лише інтеграція екологічної політики та соціально-економічного розвитку дасть можливість стабілізувати стан довкілля в Україні і перейти до моделі сталого розвитку.

Ефективність роботи міських очисних споруд (швидкість, ефекти очистки й глибина вилучення окремих забруднень,

склад продуктів їх окиснення та ін.) залежить від багатьох чинників, серед яких одним з основних є хімічний склад стічних вод.

Хоч в Україні і є підприємства, що забезпечують локальну очистку стічних вод після рідких медпрепаратів, наприклад ПАТ “НВЦ “Боршагівський хіміко-фармацевтичний завод”, а також підприємства, які розпочали роботи, що спрямовані на вирішення питання локального очищення стічних вод від антибіотиків – ТОВ “ЛЕКХІМ-ОБУХІВ, місто Обухів та ПАТ “Хімзавод” Червона зірка”, місто Харків, але в наш час однією з актуальних проблем залишається присутність антибіотиків в стічних водах фармацевтичних виробництв.

Очищення стічних вод фармацевтичних підприємств від антибіотиків може здійснюватися із застосуванням фізико-хімічних та біологічних методів.

До фізико-хімічних методів відносять методи, що ґрунтуються на руйнуванні структури молекул антибіотиків: окиснення різними реагентами-окисниками, наприклад, озоном [1, 2]; пероксидом водню [3, 4], перманганатом калію [2, 5] тощо.

Низка фізико-хімічних методів спрямована на видалення антибіотиків за допомогою процесів адсорбції на пластівцях коагулянту, флокулянту [6], на активованому вугіллі [7, 8], цеолітах тощо, мембранного розділення (ультрафільтрація) [9, 10].

Біологічні методи очищення стічних вод від антибіотиків [1, 11, 12] показали хороші результати при використанні тривалої аерації стічних вод. Зокрема, при аерації протягом 1-3 доби ступінь очищення від органічних речовин за БСК₅ сягав 90...96%. Збільшення ефекту очищення стічних вод фармацевтичних підприємств можна досягти шляхом використання таких заходів: концентровані стічні води фармацевтичного підприємства розбавляти міськими стічними водами у 4-5 разів; використовувати дво- або триступеневі технології біоло-

гічного очищення з сумарною ефективністю 90...95%; дозувати сполуки неорганічного фосфору в аеротенки при очищенні стічних вод від антибіотиків, оскільки його кількість у стічних водах фармацевтичних виробництв дуже мала; підвищувати температуру стічних вод до 35°C, що дозволяє збільшити ефективність очищення понад 90% тощо.

Науковцями кафедри екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського за участі спеціалістів КП «Харківводоканал» були проведені дослідження з метою розробки технології локального очищення виробничих стічних вод від антибіотиків.

Мета роботи – дослідження процесів локального очищення стічних вод фармацевтичного підприємства та розробка ефективної технології локального очищення стічних вод до вимог нормативних документів при відведенні очищених стічних вод на міські очисні споруди.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження були виконані на модельних розчинах антибіотика цефалоспоринового ряду – цефуроксиму у дистильованій воді з концентраціями антибіотика – 25 і 35 мг/дм³. Було застосовано лікарську форму цефуроксиму – таблетки цефуроксиму Сандоз, 1 таблетка містить 250 мг цефуроксиму та допоміжні речовини. Таблетки було подрібнено і приготовлено розчини. В модельних розчинах було визначено показник ХСК, який становив, відповідно, 90 і 120 мг/дм³. ХСК визначали біхроматним методом (відповідно до КНД 211.1.4.021-95. «Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах»). Досліджували наступні процеси обробки модельних розчинів: аерацію за допомогою акваріумного компресора і аератора, встановленого в ємності 250 мл із досліджуваним модельним розчином, протягом 16 годин; коагуляцію мінеральними коагулянтами:

– сульфатом заліза III дозою 50 мг/дм³ за Fe₂(SO₄)₃, в якості реагенту використовували Fe₂(SO₄)₃·7H₂O;
 – сульфатом алюмінію дозою 50 мг/дм³ за Al₂(SO₄)₃, в якості реагенту використовували Al₂(SO₄)₃·18H₂O. Для досягнення повноти коагуляції мінеральних солей застосовували розчин лугу NaOH для коректування рН 7-7,5. Швидко і ретельно перемішували модельні розчини з розчином коагулянту протягом 1-2 хв. і продовжували повільно перемішувати протягом 15-20 хв. до утворення і укрупнення пластівців. Наступний процес – відстоювання скоагульованих домішок протягом 30 хв., після якого проводили відбір з ємності проясненої води і відокремлення утвореного осаду. Після відстоювання провадили окиснення забруднень проясненої води пероксидом водню дозою 30 мг/дм³ при використанні розчину 30% концентрації протягом 30 хв. при перемішуванні за допомогою лабораторної магнітної мішалки. Як завершальний етап було використано фільтрування розчину через

піщаний фільтр. Пісок для фільтрації було підготовлено наступним чином: ретельно промито проточною водою від механічних домішок; висушено у сушильній шафі при 105°C протягом 10 годин; прожарено у муфельній печі при 600°C протягом 2 годин для озолування всіх залишкових забруднень; вистуджено та промито дистильованою водою і завантажено у фільтр для формування фільтрувального шару.

З кожної стадії процесу було відібрано проби стічної води, в яких визначено показник ХСК. Результати аналізів і визначені ефекти очищення на кожному ступені наведено в таблиці 1 та на рис. 1, 2, 3 і 4.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як показали результати досліджень, при використанні сульфату алюмінію (табл. 1) було отримано менші значення ефекту зниження показника ХСК – 71,9 і 65,5% при початковому ХСК, відповідно, 90 і 120 мг/дм³, ніж при використанні сульфату заліза III.

Табл. 1. Результати досліджень технології фізико-хімічного очищення виробничих стічних вод фармацевтичного підприємства за схемою «аерація – коагуляція – відстоювання – окиснення – фільтрування»

Table. 1. The results of research on the technology of physical and chemical treatment of industrial wastewater of a pharmaceutical company according to the scheme "aeration – coagulation – settling – oxidation – filtration"

№№ проб модельних розчинів	Показник ХСК стічної води, мг/дм ³				
	до очищення	після аерації	після відстоювання	після окиснення	після фільтрування
Коагуляція сульфатом заліза III					
1	90	60	12	5	0
E	-	33,3	76,0	58,3	100,0
2	120	90	25	10	5
E	-	25	72,2	60,0	50,0
Коагуляція сульфатом алюмінію					
3	90	64	18	7	0
E	-	28,9	71,9	61,1	100,0
4	120	87	30	12	5
E	-	27,5	65,5	60,0	58,3

Примітка: Ефекти зниження показника ХСК визначено на кожній стадії процесу очищення відносно початкового і кінцевого значень ХСК на даній стадії.

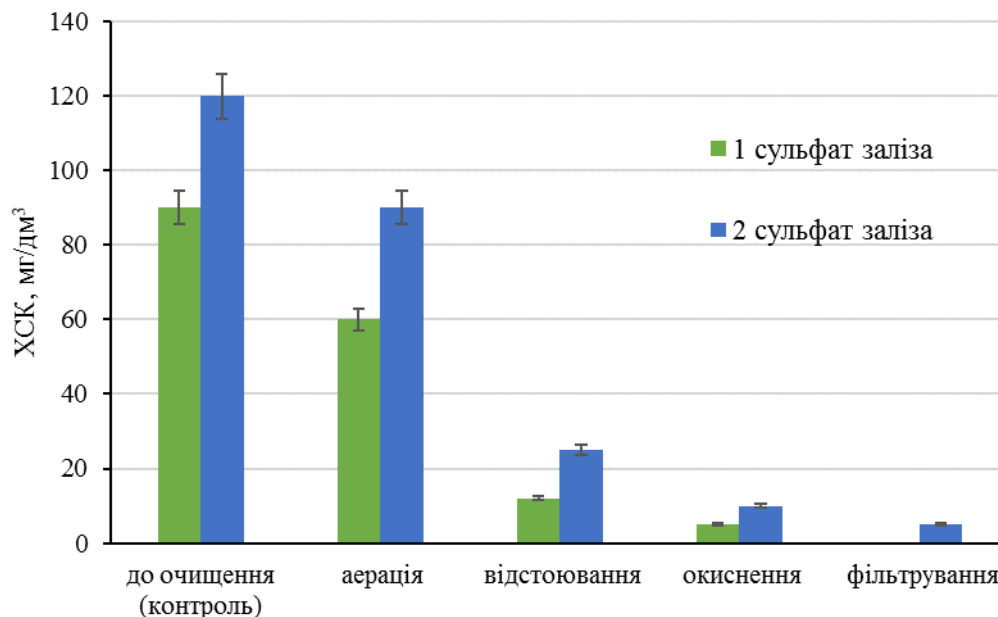


Рис. 1. Зміна показника ХСК виробничих стічних вод фармацевтичного підприємства при їх очищенні за технологією «аерація – коагуляція сульфатом заліза III – відстоювання – окиснення – фільтрування»

Fig. 1. Change of the chemical oxygen demand index of industrial wastewater of a pharmaceutical enterprise during their treatment by the technology "aeration – coagulation with ferrous sulfate III – settling – oxidation – filtration"

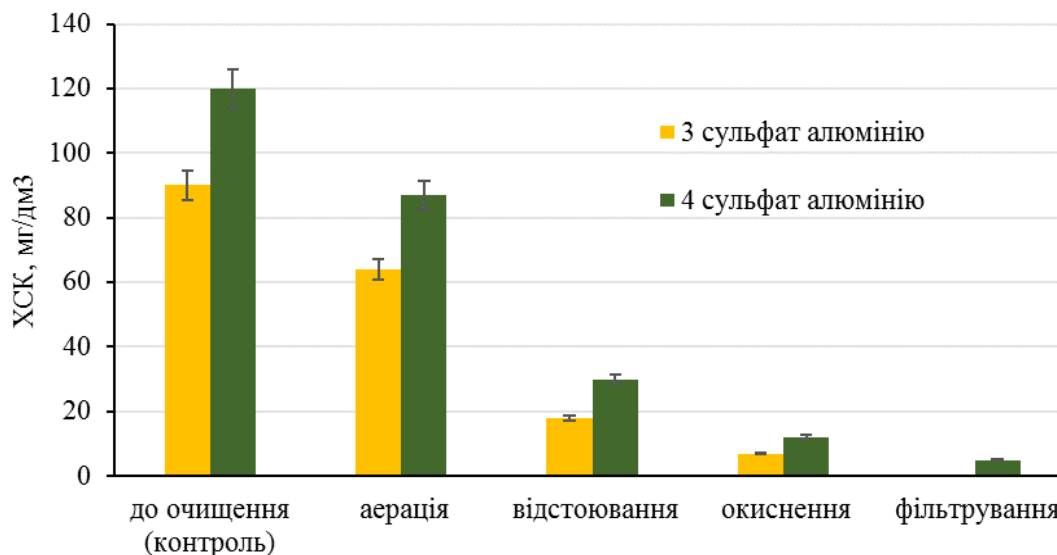


Рис. 2. Зміна показника ХСК виробничих стічних вод фармацевтичного підприємства при їх очищенні за технологією «аерація – коагуляція сульфатом алюмінію – відстоювання – окиснення – фільтрування»

Fig. 2. Change of the chemical oxygen demand index of industrial wastewater of the pharmaceutical enterprise during their treatment by the technology "aeration – coagulation with aluminum sulfate – settling – oxidation – filtration"

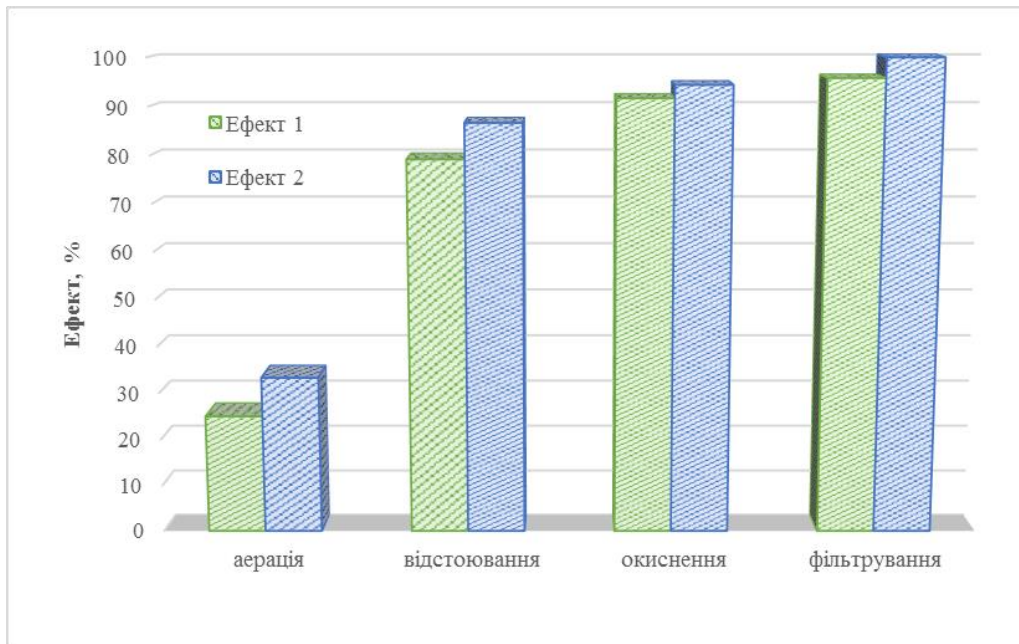


Рис. 3. Зміна ефекту очищення за ХСК (коагуляція сульфатом заліза ІІІ): ефекти 1 і 2 визначено при ХСК неочищеної стічної води, відповідно, 120 мг/дм³ і 90 мг/дм³. (Ефекти очищення за ХСК у кожному процесі визначено відносно початкового ХСК у неочищеній стічній воді)

Fig. 3. Changing the effect of purification by COD (coagulation with ferrous sulfate III): effects 1 and 2 were determined at COD of untreated wastewater, respectively, 120 mg/dm³ and 90 mg/dm³. (The effects of COD purification in each process are defined relatively initial HSC in untreated wastewater)

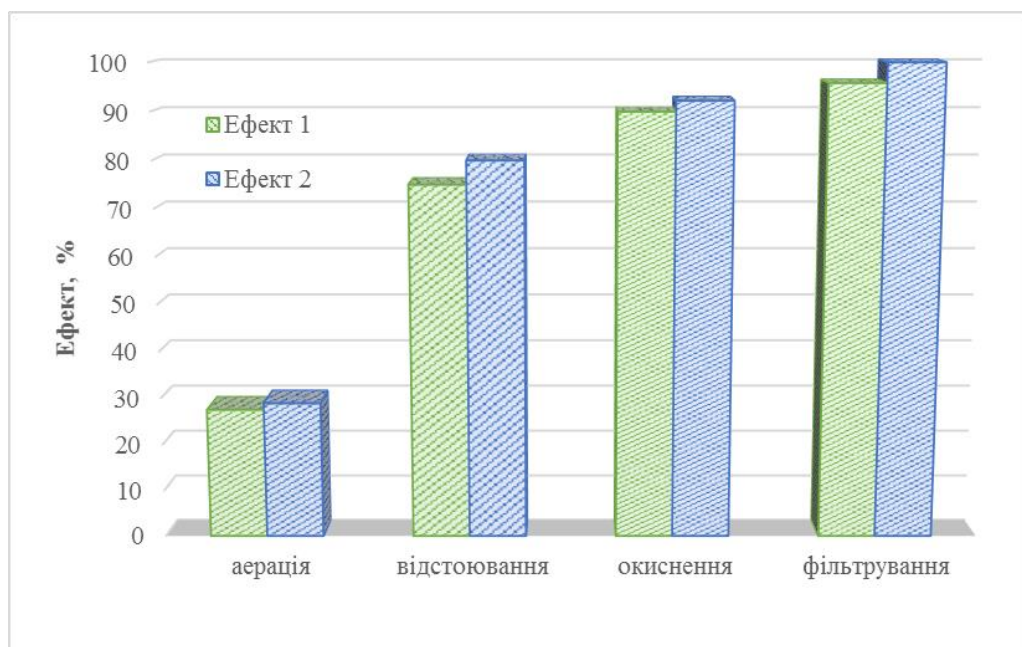


Рис. 4. Зміна ефекту очищення за ХСК (коагуляція сульфатом алюмінію): ефекти 1 і 2 визначено при ХСК неочищеної стічної води, відповідно, 120 мг/дм³ і 90 мг/дм³. (Ефекти очищення за ХСК у кожному процесі визначено відносно початкового ХСК у неочищеній стічній воді)

Fig. 4. Changing the effect of purification by COD (coagulation with aluminum sulfate): effects 1 and 2 were determined at COD of untreated wastewater, respectively, 120 mg/dm³ and 90 mg/dm³. (The effects of HSC purification in each process are defined relatively initial COD in untreated wastewater)

Таким чином, за ефективністю очищення стічної води за ХСК перевагу має коагулянт на основі сульфату заліза III порівняно із сульфатом алюмінію. Отримані результати, наведені на рис. 1, показали, що найбільше зниження показника ХСК спостерігали в процесах коагуляції забруднюючих речовин, що містяться в стічних водах, і відстоювання. Для коагуляції використовували мінеральні коагулянти: сульфат заліза III і сульфат алюмінію, з коригуванням показника рН для досягнення ізоелектричної області для найбільш повного утворення гідроксидів заліза III і алюмінію, їх коагуляції й очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин. Ефект зниження показника ХСК при коагуляції і відстоюванні стічних вод у випадку використання сульфату заліза III становив 76,0% і 72,2% при початковому ХСК неочищених стічних вод, відповідно 90 і 120 мг/дм³ (табл. 1, рис. 3).

При збільшенні початкової величини показника ХСК в неочищеній стічній воді зменшується ефект видалення органічних забруднюючих речовин за ХСК при використанні коагулювання і відстоювання на 4...6,5%.

Використання інших процесів очищення за технологічною схемою, яка досліджувалась, дозволило знизити ХСК на 25...33,3% при аерації, на 58...61% при окисненні пероксидом водню, до 100% при фільтруванні.

Ґрунтуючись на отримані результати, було розроблено технологію та встановлено раціональні величини параметрів процесів (тривалість аерації, доза реагентів, тривалість відстоювання, швидкість фільтрування, висота фільтрувального завантаження, кількість утвореного осаду тощо).

Розроблена технологія включає послідовні процеси фізико-хімічного очищення стічних вод – усереднення, коагуляцію, відстоювання, окиснення пероксидом водню, фільтрування. Враховуючи нерівномірність водовідведення

виробничих стічних вод фармацевтичних підприємств та коливання концентрацій забруднюючих речовин протягом доби, для вирівнювання кількісного і якісного складу стічних вод при їх надходженні на очисні споруди для локального очищення необхідне використання усереднення стічних вод, яке здійснюється із застосуванням системи аерації. Використання в усереднювачі аерації стічної води повітрям дозволяє вже на першому ступені окиснити за допомогою кисню до 30% органічних речовин, які містяться у виробничих стічних водах.

Наступний процес очищення стічних вод – коагуляція забруднюючих речовин мінеральним коагулянтом, наприклад, сульфатом заліза III – $Fe_2(SO_4)_3$ дозою 50...100 мг/дм³ з підлужуванням стічної води розчином NaOH до рН 7-7,5. Можливе використання флокулянту, наприклад, магнафлок, дозою 1-2 мг/дм³ для утворення крупних флокул та інтенсифікації процесу осадження пластівців коагулянту. Для коагуляції можна застосовувати замість $Fe_2(SO_4)_3$ сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ теж у поєднанні з лугом і флокулянтом. Проте, слід зауважити, що більш економічним є варіант з $Fe_2(SO_4)_3$. Завдяки великій питомій поверхні колоїдних частинок вони мають значну поверхневу енергію, а відтак, і високу адсорбційну ємність, за рахунок чого відбувається адсорбція розчинених у стічній воді речовин на поверхні утворених колоїдних частинок. Застосування процесу флокуляції ґрунтується на механізмі дії флокулянтів, який заснований на явищі адсорбції молекул флокулянту на поверхні колоїдних частинок, утворенні сітчастої структури молекул флокулянту, злипанні колоїдних частинок за рахунок сил Ван-дер-Ваальса. При дії флокулянтів між колоїдними частинками утворюються тривимірні структури, здатні до більш швидкого і повного відокремлення від рідкої фази. Флокуляцію проводять для інтенсифікації процесу утворення пластівців

гідроксиду заліза з метою підвищення швидкості їх осадження. Використання флокулянтів дозволяє знизити дози коагулянтів, зменшити тривалість процесу коагуляції і підвищити швидкість осадження утворених пластівців.

Отже, при використанні коагулянтів і флокулянтів у виробничих стічних водах підприємства, завдяки процесам коагуляції і флокуляції, відбувається видалення із стічної води забруднюючих речовин, які є домішками різного ступеня дисперсності – дрібнодисперсних, колоїдних і молекулярно-розчинних речовин, внаслідок адсорбції цих речовин на високорозвиненій поверхні пластівців мінеральних коагулянтів, які утворюються у воді при забезпеченні необхідних умов для коагуляції. Для відокремлення утворених пластівців із адсорбованими забруднюючими речовинами від води використовується наступний процес – відстоювання (седиментація). Тривалість відстоювання приймається 1,5 год. Для збільшення ефективності відстоювання (на 25...30%) і зменшення тривалості процесу (до 15...20 хв.) можна застосувати тонкошаровий відстійник з похилими полицями паралельно працюючих ярусів відстійника. Утворений у відстійнику осад (10...12% об'єму стічної води) періодично потрібно відводити на ущільнення. Можна застосувати фільтраційні мішки для зневоднення осаду від початкової вологості 95...99,7% до вологості ущільненого осаду – 70...80% для подальшого вивезення.

Відповідно до запропонованої технології, стічні води після відстоювання підлягають дії окисника для окиснення забруднюючих речовин, які залишилися у стічній воді після коагуляції, флокуляції та відокремлення осаду. В якості реагента-окисника можливе використання пероксиду водню H_2O_2 дозою 30...60 мг/дм³ протягом 30 хв. контакту стічної води з окисником в умовах перемішування для забезпечення повноти проходження реакцій між пероксидом

водню і забруднюючими речовинами. Перевагами застосування пероксиду водню порівняно з іншими реагентами-окисниками є висока ефективність окиснення органічних речовин, відсутність залишкових концентрацій пероксиду водню у очищеній стічній воді внаслідок його розкладання, стабільність солемісту оброблюваних стічних вод, перебіг реакцій без утворення токсичних проміжних сполук.

Завершальним процесом в технології є процес фільтрування стічних вод, наприклад, через піщане фільтрувальне завантаження. Завдяки фільтруванню із стічних вод видаляються дрібнодисперсні домішки, які виносяться потоком води після стадії відстоювання: дрібні пластівці коагулянту, колоїдні речовини, які затримуються на поверхні зерен фільтрувального завантаження внаслідок дії сил адгезії, взаємної коагуляції колоїдів, адсорбції на поверхні завантаження.

ВИСНОВКИ

Очищена при використанні розробленої технології стічна вода може бути відведена в міську систему водовідведення і не перешкоджатиме роботі міських очисних споруд.

Застосування фармацевтичними підприємствами розробленої технології локального очищення стічних вод від антибіотиків та супутніх їм речовин призведе до суттєвого зниження небезпеки перевищення ГДС на скиді стічних вод, оброблених на міських комплексах біологічної очистки, зменшення експлуатаційних витрат на досягнення ГДС, зменшення загрози “спухання” активного мулу та пов'язаних з ним експлуатаційних та економічних витрат.

Для покращення роботи очисних споруд міст України та зменшення економічних витрат водоканалів внести в “Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядок визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні

скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення”, затвержені наказом Міністерства регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України від 01.12.2017 № 316, доповнення у частині розробки фінансового механізму впливу на промислові підприємства, що скидають стічні води у міську каналізаційну мережу без локального очищення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Angeles L. F., Mullen R. A., Huang I. J., Wilson C., Khunjar W., Sirotkin H. I., McElroy A. E., Aga D. S. Assessing pharmaceutical removal and reduction in toxicity provided by advanced wastewater treatment systems. *Environmental Science: Water Research and Technology*. 2020. Issue. 6, № 1. P. 62-77.
2. Kurt A., Mert B. K., Özengin N., Sivrioğlu Ö., Yonar T. Treatment of Antibiotics in Wastewater Using Advanced Oxidation Processes (AOPs). *Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery*. 2017.
3. Collivignarelli M. C., Pedrazzani R., Sorlini S., Abbà A., Bertanza G. H₂O₂ based oxidation processes for the treatment of real high strength aqueous wastes. *Sustainability (Switzerland)*. 2017. Issue. 9, № 2. P. 1-14.
4. Ghaly M. Y., Härtel G., Mayer R., Haseneder R. Photochemical oxidation of p-chlorophenol by UV/H₂O₂ and photo-Fenton process. A comparative study. *Waste Management*. 2001. Issue. 21, № 1. P. 41-47.
5. Ribeiro A. R., Sures B., Schmidt T. C. Cephalosporin antibiotics in the aquatic environment: A critical review of occurrence, fate, ecotoxicity and removal technologies. Elsevier Ltd, 2018.
6. Ahmed M. B., Zhou J. L., Ngo H. H., Guo W. Adsorptive removal of antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges. *Science of the Total Environment* Adsorptive removal of antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges. *Science of the Total Environment*, The. 2015. Volume. 532, № November. P. 112-126.
7. Choi K. J., Kim S. G., Kim S. H. Removal of antibiotics by coagulation and granular activated carbon filtration. *Journal of Hazardous Materials*. 2008. Volume. 151, № 1. P. 38-43.
8. Carabineiro S. A. C., Thavorn-Amornsri T., Pereira M. F. R., Figueiredo J. L. Adsorption of ciprofloxacin on surface-modified carbon materials. *Water Research*. 2011. Volume. 45, № 15. P. 4583-4591.

9. Adams C., Wang Y., Loftin K., Meyer M. Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes. *Journal of Environmental Engineering*. 2002. Volume. 128, № 3. P. 253-260.
10. Elbalkiny H. T., Yehia A. M., Riad S. M., Elsharty Y. S. Removal and tracing of cephalosporins in industrial wastewater by SPE-HPLC: optimization of adsorption kinetics on mesoporous silica nanoparticles. *Journal of Analytical Science and Technology*. 2019. Issue. 10, № 1.
11. Duan H. Study on the Treatment Process of Wastewater from Cephalosporin Production. *Journal of Sustainable Development*. 2009. Volume. 2, № 2. C. 133-136.
12. Watkinson A. J., Murby E. J., Costanzo S. D. Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment: Implications for environmental discharge and wastewater recycling. *Water Research*. 2007. Volume. 41, № 18. C. 4164-4176.

REFERENCES

1. Angeles L. F., Mullen R. A., Huang I. J., Wilson C., Khunjar W., Sirotkin H. I., McElroy A. E., & Aga D. S. (2020). Assessing pharmaceutical removal and reduction in toxicity provided by advanced wastewater treatment systems. *Environmental Science: Water Research and Technology*, 6 (1), 62-77. doi: 10.1039/C9EW00559E
2. Michael I, Rizzo L, McArdell CS, Manaia CM, Merlin C, Schwartz T, Dagot C, & FattaKassinos D. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for the release of antibiotics in the environment: A review. *Water Res.*, 47, 957-995. doi:10.1016/j.watres.2012.11.027
3. Collivignarelli M. C., Pedrazzani R., Sorlini S., Abbà A., & Bertanza G. (2017). H₂O₂ based oxidation processes for the treatment of real high strength aqueous wastes. *Sustainability (Switzerland)*, 9 (2), 1-14. doi: 10.3390/su9020244
4. Ghaly M. Y., Härtel G., Mayer R., & Haseneder R. (2001). Photochemical oxidation of p-chlorophenol by UV/H₂O₂ and photo-Fenton process. A comparative study. *Waste Management*, 21 (1), 41-47. doi: 10.1016/S0956-053X(00)00070-2
5. Ribeiro A. R., Sures B., & Schmidt T. C. (2018). Cephalosporin antibiotics in the aquatic environment: A critical review of occurrence, fate, ecotoxicity and removal technologies. *Elsevier Ltd.*, 241, 1153-1166 doi: 10.1016/j.envpol.2018.06.040
6. Ahmed M. B., Zhou J. L., Ngo H. H., & Guo W. (2015). Adsorptive removal of

antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges *Science of the Total Environment* Adsorptive removal of antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges. *Science of the Total Environment*, 532, 112-126.

doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.05.130

7. **Choi K. J., Kim S. G., & Kim S. H. (2008)**. Removal of antibiotics by coagulation and granular activated carbon filtration. *Journal of Hazardous Materials*, 151 (1), 38-43.

doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.05.059

8. **Carabineiro S. A. C., Thavorn-Amornsri T., Pereira M. F. R., & Figueiredo J. L. (2011)**. Adsorption of ciprofloxacin on surface-modified carbon materials. *Water Research*, 45 (15), 4583-4591.

doi: 10.1016/j.watres.2011.06.008

9. **Adams C., Wang Y., Loftin K., & Meyer M. (2002)**. Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes. *Journal of Environmental Engineering*, 128 (3), 253-260.

doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2002)128:3(253)

10. **Elbalkiny H. T., Yehia A. M., Riad S. M., & Elsharty Y. S. (2019)**. Removal and tracing of cephalosporins in industrial wastewater by SPE-HPLC: optimization of adsorption kinetics on mesoporous silica nanoparticles. *Journal of Analytical Science and Technology*, 10 (1). doi: 10.1186/s40543-019-0180-6

11. **Duan H. (2009)**. Study on the Treatment Process of Wastewater from Cephalosporin Production. *Journal of Sustainable Development*, 2(2), 133-136. doi: 10.5539/jsd.v2n2p133

12. **Watkinson A. J., Murby E. J., & Costanzo S. D. (2007)**. Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment: Implications for environmental discharge and wastewater recycling. *Water Research*, 41 (18), 4164-4176. doi: 10.1016/j.watres.2007.04.005

Solving problems of local treatment of industrial wastewater from antibiotics

Larysa Sabliy, Veronika Zhukova, Lyudmyla Yepishova

Abstract. The technology of local wastewater treatment from antibiotics is presented. It based on the consistent use of physico-chemical treatment methods and allows to remove antibiotics and related substances from wastewater to the requirements of regulations and divert treated wastewater into the municipal sewerage system. Model solutions of cefuroxime, a cephalosporin antibiotic, in distilled water with a concentration of 25 and 35 mg/dm³ were used for the study. Chemical oxygen demand model solutions, which is, respectively, 90 and 120 mg/dm³. The effect of reducing the chemical oxygen demand in coagulation and settling of wastewater in the case of the use of ferrous sulfate III was 79.2% and 75%, which is 4.2...6.7% higher than when using aluminum sulfate. The change of the chemical oxygen demand indicator of wastewater of the pharmaceutical enterprise according to the stages of their purification is established: "aeration – coagulation with ferrous sulfate III – settling – oxidation – filtration". After filtration, the effect of reducing the chemical oxygen demand was 95.8...100% at initial values of 120 and 90 mg/dm³, respectively. The technology of local wastewater treatment from antibiotics has been developed. It based on the consistent use of physico-chemical treatment methods and allows to remove antibiotics and related substances from wastewater to regulatory requirements and divert treated wastewater into the municipal sewerage system. The use of the developed technology of local wastewater treatment by antibiotics and related substances will lead to the requirements of industrial wastewater discharge into the municipal sewerage system, to significantly reduce the risk of antibiotics on the microorganisms of activated sludge biological treatment plants of the city, to reduce operating costs permissible discharges of wastewater into a natural reservoir.

Key words: wastewater treatment; antibiotics; pharmaceutical company; aluminum sulfate; cefuroxime; iron sulfate.

Стаття надійшла до редакції 31.10.2020