УДК 628.3 https://doi.org/10.31713/vt120222

Корчик Н. М., к.т.н., доцент, Беседюк В. Ю., аспірант, Шугайло В. А., студент групи РІ-31 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, n.m.korchyk@nuwm.edu.ua)

ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ

Проаналізовано традиційні технології очищення стічних вод готельно-ресторанних комплексів та виявлено їх нездатність забезпечити достатню глибину очищення. Наведено результати експериментальних досліджень, які свідчать про недостатній ефект очищення традиційною технологією за показниками $БСК_5$ (96–67%) та концентрацією фосфатів (30–10%). Встановлено, що для підвищення глибини очищення необхідно забезпечувати оптимальні умови функціонування мікрофлори, що безпосередньо пов'язано з регулюванням показника окисно-відновного потенціалу середовища (Eh). Запропоновано технологію очищення, яка ґрунтується на комбінації фізико-хімічних (відстоювання, обробка реагентами) та біологічних (окислення мікрофлорою в анаеробних та аеробних умовах) методів, що передбачає забезпечення оптимальних умов функціонування мікрофлори на усіх етапах біологічного очищення. Отримані показники очищеної води: $БСК_5$ – 2,5 мгO_2/дм^3, зважені речовини – 1,8 мг/дм^3, азот амонійний – 0,28 мг/дм^3, азот нітратів – 0,05 мг/дм^3, фосфати – 0,15 мг/дм^3, що відповідають кращому ефекту очищення та нормам гранично-допустимих концентрацій.

Ключові слова: **стічні води; біологічне очищення; мікрофлора; умови; окисно-відновний показник.**

Вступ. В основі технології очищення стічних вод, що належить до господарсько-побутових підприємств, зокрема готельно-ресторанного комплексу, є біологічне очищення з використанням активного мулу та біоплівки. Продуктивність активного мулу та біоплівки, що забезпечують деструктивні біохімічні процеси перетворення домішок стічних вод залежить від ряду параметрів, які можна згрупувати наступним чином:

- хімічний склад стічних вод;

- концентрація забруднень;
- умови проведення процесу [1].

Стічні води готельно-ресторанного комплексу можна охарактеризувати як складні системи, що включають домішки органічного та неорганічного, штучного та природного походження, зокрема ті, які важко окислюються або не окислюються (синтетичні барвники, ПАР тощо), які є біологічно активними речовинами (фосфати, нітрати) та токсичними для мікроорганізмів (зокрема хлориди).

За умов обмеження водних ресурсів, стічні води можна віднести до концентрованих. Для очищення стічних вод готельно-ресторанного комплексу найбільш застосовуваною є класична технологічна схема біологічного очищення, що включає первинне відстоювання, аеробне окиснення, вторинне відстоювання, ущільнення мулу та забезпечення умов його рециркуляції [2; 3].

Вищевказану систему очисних споруд рекомендовано до використання за невисоких концентрацій забруднень, оскільки вона не може забезпечити глибоке очищення стічних вод. За високих концентрацій рекомендована технологічна схема включає комбінацію методів аеробного та анаеробного окиснення. Цей спосіб не може забезпечити глибоке очищення стічної води, тому що не передбачає необхідне значення ступеня окиснення, який забезпечує зміни біоценозів. Для підвищення глибини очищення рекомендовані способи, що забезпечують оптимальні умови функціонування мікрофлори шляхом комбінації фізико-хімічних і біохімічних методів [1; 4].

Враховуючи, що мікроорганізми активного мулу (біоплівки) засвоюють енергію хімічної реакції, яка належить до окисно-відновлювальної, можна стверджувати, що забезпечення оптимальних умов її функціонування пов'язане з регулюванням наступних показників: pH, окисно-відновний потенціал (ОВП), температура [5].

Таким чином, дослідження способів регулювання редокс-стану в системах біологічного очищення стічних вод має важливе значення для напрямку складних біохімічних процесів та забезпечення оптимальних умов функціонування мікрофлори активного мулу (біоплівки).

Об'єкт і методи дослідження. Об'єктом дослідження є стічні води пансіонатів «Крим» та «Яремче», що включають готельно-ресторанний комплекс.

У дослідженнях застосовано стандартні методики визначення водневого показника (pH), окисно-відновного потенціалу (Eh), біологічного споживання кисню (БСК) та неорганічних фосфатів.

Показник pH визначали електрометричним методом, який ґрунтується на вимірюванні електрорушійної сили електрохімічного ланцюжка, що складається з скляного електрода та електрода порівняння, а також із проби води. Електрометричне визначення pH здійснювалось з використанням лабораторного pH-метру зі скляним електродом вимірювання та хлорсрібним електродом порівняння [6].

Показник Eh визначали потенціометричним методом, із застосуванням індикаторного платинового електрода в парі з хлорсрібним електродом порівняння [7].

Показник БСК визначали методом знаходження різниці між вмістом кисню до і після інкубації. Концентрація кисню визначається методом об'ємного йодометричного титрування. Дослідження проводять для розбавлених проб [8].

Концентрацію неорганічних фосфатів визначали фотометричним методом (відновлення аскорбіновою кислотою), із застосуванням такої апаратури: колориметр фотоелектричний концентраційний КФК–2, червоний світлофільтр (довжина хвилі 690 нм), кювети товщиною шару 5 см [9].

Результати досліджень. В таблиці наведено приклад функціонуючої системи очисних споруд, що включає підсистеми первинного відстоювання та наступного біологічного очищення в аеробних умовах.

Встановлено, що показник Eh, який характеризує енергетику окисно-відновних реакцій, збільшується від +0,04 В (преаератор) до +0,152 В (аеротенки 1-го ступеня); показник, що характеризує окисно-відновлювальні властивості водного середовища rH_2 збільшується у бік окислювального середовища та змінюється від 14,78 В (преаератор) до 21,78 (аеротенки 2-го ступеня). Водночас значення $БСК_5$ в преаераторі 1260 м0_2/дм^3. За умов, коли значення $БСК_5$ в преаераторі 1680 мг0_2/дм^3, Eh змінюється від +0,09 В (преаератор) до +0,11 В (аеротенк 2-го ступеня), rH_2 від 15,7 В до 19,8 В, кінцева концентрація $БСК_5$ 560 мг0_2/дм^3.

Таким чином, можна зробити висновок, що ефект очищення в даному випадку недостатній та змінюється від 96% за значення $БСК_5$ в преаераторі 1260 мг0_2/дм^3 до 67% за значення $БСК_5$ в преаераторі 1680 мг0_2/дм^3. За концентрацією фосфатів ефект очищення зменшується на 20%. Зниженню ефекту очищення відповідають більш низькі значення показників (Eh, rH_2), що характеризують енергетику окисно-відновлювальних реакцій та характер водного середовища.

Таблиця

Характеристика роботи очисних споруд

Доба відбору проби	№ з/п	Місце відбору проб	pH	Eh, В	$БСК_5$, мг0_2/дм^3	Фосфати, мг/дм^3
25.07.13 р.	1	Преаератори	6,7	+0,04	1260	30
	2	Первинний відстійник 1-ї лінії	6,8	+0,04	840	30
	3	Аеротенк I	8,2	+0,152	56	28,8
	4	Аеротенк II	8,3	+0,15	56	25,2
	5	Вторинний відстійник 2-ї лінії	7,5	+0,13	56	21
26.07.13 р.	1	Преаератор	6,3	+0,09	1680	35
	2	Первинний відстійник 1-ї лінії	6,5	+0,09	1064	35
	3	Аеротенк I	7,7	+0,09	578,9	33
	4	Аеротенк II	8,0	+0,11	554,9	32
	5	Вторинний відстійник 2-ї лінії	7,6	+0,09	560	31,5

Для збільшення ефекту очищення стічних вод пропонується технологія, яка ґрунтується на комбінації фізико-хімічних (відстоювання, обробка реагентами) та біологічних (окислення мікрофлорою в анаеробних та аеробних умовах) методів. Таке поєднання методів очищення стічних вод нівелює недоліки кожного

з окремих методів, що дозволяє ефективно проводити очищення, а також інтенсифікувати процеси біологічного перетворення домішок шляхом регулювання фізико-хімічних властивостей водного середовища, зокрема окисно-відновлювальних за показником Eh.

За запропонованою технологією було проведено дослідження з очищення стічних вод. Стічна вода у кількості 100 $м^3$/добу має забруднення:

- органічні речовини $БСК_5$ – 330 $мгО_2/дм^3$;
- азот амонійний – 40 $мг/дм^3$;
- фосфати – 20 $мг/дм^3$.

Воду попередньо очищають від піску і плаваючих грубодисперсних домішок і подають на біологічне очищення в анаеробних умовах. В процесі життєдіяльності анаеробних гетеротрофних мікроорганізмів відбувається гідроліз органічних речовин з утворенням низькомолекулярних сполук, часткове відновлення окиснених форм азоту та часткове використання фосфатів, що призводить до зменшення значень показників pH та Eh [10]. За досягнення значень pH стічних вод 5–4,5, у стічну воду додають пероксид водню до Eh ≤ 0,2 В або залізовмісний коагулянт до Eh ≤ 0,1 В, для зменшення вмісту метану і сірководню, а також для того, щоб створювати несприятливі умови для життєдіяльності сульфат редукторів, мутагенної токсичності субстрату. Таким чином, створюють оптимальні умови функціонування мікрофлори в аеробних умовах, підвищують ефективність способу.

Далі вода подається на біологічне очищення в аеробних умовах (вміст кисню 4 $мг/дм^3$) вільно плаваючою мікрофлорою, що забезпечує за більш високих концентрацій забруднень добру фізіологічну адаптацію мікроорганізмів. Після біологічного очищення в аеробних умовах вільно плаваючою мікрофлорою вода надходить на біологічне очищення в аеробних умовах (вміст кисню 2 $мг/дм^3$) мікрофлорою закріпленою на інертному завантажувальному матеріалі. Іммобілізація сприяє збільшенню активності мікроорганізмів, за більш низьких концентрацій забруднень. Таким чином покращують умови життєдіяльності мікроорганізмів в аеробних умовах.

Якісний показник очищеної води стабільний і, як правило, не перевищує за $БСК_5$ і зваженими речовинами 3–5 $мг/дм^3$, за амонійним азотом – 0,4 $мг/дм^3$, за азотом нітратів – 7 $мг/дм^3$, за фосфатами – 0,5 $мг/дм^3$.

Потім здійснюють відстоювання та розділення потоку очищеної води, частину з якого повертають на очищення мікрофлорою в анаеробних умовах, а іншу частину подають на доочищення мікрофлорою, закріпленою на інертному зважувальному матеріалі в аеробних умовах. В результаті створення оптимальних умов функціонування мікрофлори в аеробних умовах виключається необхідність великого повернення азоту в основний потік з циркуляційним мулом або з водою. Тому лише 10% (прототип не менше 50%) потоку очищеної води повертають на очищення мікрофлорою в анаеробних умовах, а 90% подають на доочищення мікрофлорою закріпленою на інертному зважувальному матеріалі. За рахунок її життєдіяльності, у збіднених субстратними складовими стічних водах здійснюють доочищення в межах гранично допустимих концентрацій. Показники очищеної води: $БСК_5$ – 2,5 мг0_2/дм^3, зважені речовини – 1,8 мг/дм^3, азот амонійний – 0,28 мг/дм^3, азот нітратів – 0,05 мг/дм^3, фосфати – 0,15 мг/дм^3.

Висновок. Таким чином, шляхом регулювання окисно-відновного потенціалу стічних вод, забезпечуються оптимальні умови функціонування мікрофлори в аеробних умовах блоку біологічного очищення. Це дозволяє підвищити ефективність технології загалом, що кількісно виражається кращим ефектом очищення та досягненням значень основних показників вихідної води в межах допустимих концентрацій.

1. Яковлев С. В., Карюхина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М. : Стройиздат, 1980. 198 с. **2.** Установка для глубокой биологической очистки сточных вод. № 2220918 RU, CI, кл. C 02F 3/30, 2004. **3.** Способ глубокой биологической очистки сточных вод и станция глубокой очистки сточных вод: пат. RU № 2225368 CI, кл. C 02F 3/30, 2004. **4.** Загорная Н. Б., Никоненко В. У., Чеховская Т. П., Гвоздяк П. И. Биоразрушение ксенобиотиков в сточных водах производства фенолформальдегидных смол. *Химия и технология воды.* 1987. № 4. Т. 9. С. 357–359. **5.** Дмитренко Г. Н., Гвоздяк П. И. Альтернативные акцепторы электронов при окислении органических веществ микроорганизмами в очистке воды. *Химия и технология воды*. 1991. № 9. Т. 13. С. 857–861. **6.** МВВ № 081/12-0317-06. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань водневого показника (pH) електрометричним методом. **7.** Вода питна. Нормативні документи : в 2-х т. Львів : НТЦ «Леонормстандарт», 2001. Т. 2. 234 с. **8.** КНД 211.1.4.021-95. Методика визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних

водах. **9.** КНД 211.1.4.043-95. Методика фотометричного визначення фосфатів у стічних водах. **10.** Радченко О. С., Собчук Л. А. Микробная очистка СВ производства синтетических жирных кислот (СЖК) в анаэробных условиях. *Химия и технология воды.* 1994. № 3. Т. 16. С. 322–328.

REFERENCES:

1. Yakovlev S. V., Karyuhina T. A. Biohimicheskie protsessyi v ochistke stochnyih vod. M. : Stroyizdat, 1980. 198 s. **2.** Ustanovka dlya glubokoy biologicheskoy ochistki stochnyih vod. № 2220918 RU, CI, kl. C 02F 3/30, 2004. **3.** Sposob glubokoy biologicheskoy ochistki stochnyih vod i stantsiya glubokoy ochistki stochnyih vod: pat. RU №2225368 SI, kl. S 02F 3/30, 2004. **4.** Zagornaya N. B., Nikonenko V. U., Chehovskaya T. P., Gvozdyak P. I. Biorazrushenie ksenobiotikov v stochnyih vodah proizvodstva fenolformaldegidnyih smol. *Himiya i tehnologiya vodyi*. 1987. № 4. T. 9. S. 357–359. **5.** Dmitrenko G. N., Gvozdyak P. I. Alternativnyie aktseptoryi elektronov pri okislenii organicheskih veschestv mikroorganizmami v ochistke vodyi. *Himiya i tehnologiya vodyi*. 1991. № 9. T. 13. S. 857–861. **6.** MVV № 081/12-0317-06. Poverkhnevi, pidzemni ta zvorotni vody. Metodyka vykonannia vymiriuvan vodnevoho pokaznyka (rN) elektrometrychnym metodom. **7.** Voda pytna. Normatyvni dokumenty : v 2-kh t. Lviv : NTTs "Leonormstandart", 2001. T. 2 234 s. **8.** KND 211.1.4.021-95. Metodyka vyznachennia khimichnoho spozhyvannia kysniu (KhSK) v poverkhnevykh i stichnykh vodakh. **9.** KND 211.1.4.043-95. Metodyka fotometrychnoho vyznachennia fosfativ u stichnykh vodakh. **10.** Radchenko O. S., Sobchuk L. A. Mikrobnaya ochistka SV proizvodstva sinteticheskih jirnyih kislot (SJK) v anaerobnyih usloviyah. *Himiya i tehnologiya vodyi*. 1994. № 3. T. 16. S. 322–328.

Korchyk N. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor,
Besediuk V. Y., Post-graduate Student, Shuhailo V. A., Senior Student
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

WASTEWATER TREATMENT OF THE HOTEL-RESTAURANT COMPLEXES

Wastewater of the hotel-restaurant complex can be described as a complex system that includes organic and inorganic impurities with artificial and natural origin. For the treatment of such effluents, the traditional technology is a combination of mechanical and biological treatment blocks, which is effective only for low contaminants

concentrations and can't provide deep wastewater treatment. A related issue is the regulation of the redox state in the biological treatment block, which is important for the direction of biochemical processes and ensuring optimal conditions for the functioning of activated sludge (biofilm) microflora. Research results on wastewater treatment by traditional technology of real sanatorium hotel-restaurant complexes «Crimea» and «Yaremche» are presented. The treatment effect in this case is insufficient and varies from 96% for the value of BOD_5 in the pre-aerator 1260 $mg0_2$ /dm^3 to 67% for the value of BOD_5 in the pre-aerator 1680 $mg0_2$ /dm^3. According to the concentration of phosphates, the treatment effect reduced by 20%. The decrease in the treatment effect corresponds to lower values of parameters (Eh, rH_2), which characterize the energy of redox reactions. To increase the effect of wastewater treatment, the technology based on a combination of physic-chemical and biological methods is proposed. The technology involves the following stages: mechanical treatment of coarsely dispersed impurities; biological treatment under anaerobic conditions with the addition of hydrogen peroxide or iron-containing coagulant (provides optimal conditions for further treatment by aerobics); biological treatment under aerobic conditions (provides good physiological adaptation and activity of microorganisms depending on the reduction of the contaminants concentration); sedimentation and separation of the stream for the final additional biological treatment. Utilisation of this treatment technology allows to obtain water with parameters within the permissible concentrations: BOD_5 – 2,5 $mg0_2$/dm^3, suspended solids – 1,8 mg/dm^3, ammonium nitrogen – 0,28 mg/dm^3, nitrate nitrogen – 0,05 mg/dm^3, phosphates – 0,15 mg/dm^3. The results of research indicate that the application of the proposed technology and regulation of the wastewater redox potential provides increased efficiency of hotel-restaurant complexes wastewater treatment.

Keywords: **wastewater; biological treatment; microflora; conditions; redox index.**