

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF WASTEWATER OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN KYIV AND THE KYIV REGION

Surmasheva O.V., Zheludenko Yu.V., Molchanets O.V., Rossada M.O., Polka O.O., Zadkova S.P.

МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ КИЄВА ТА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У

**СУРМАШЕВА О.В.,
ЖЕЛУДЕНКО Ю.В.,
МОЛЧАНЕЦЬ О.В.,
РОСАДА М.О.,
ПОЛЬКА О.О.,
ЗАДКОВА С.П.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ, Україна

У світі з кожним роком зростає проблема нестачі прісної води, що призводить до збільшення повторного використання очищених та неочищених стічних вод для сільськогосподарських потреб. Це зумовлює епідемічну небезпеку, оскільки органічні забруднення стічних вод (СВ) є сприятливим середовищем для розвитку різноманітних мікроорганізмів.

Якість СВ в основному оцінюється за трьома мікробіологічними показни-

ками – мікробним числом, загальними коліформами та фекальними коліформами. Для видалення мікробних агентів із стічних вод використовують різні системи очищення – активний мул, стабілізаційні ставки, водно-болотні угіддя та системи ультрафіолетової дезінфекції, а також режимів низького та середнього тиску. У більшості випадків використовують системи активного мулу для видалення загальних коліформ і фекальних коліформ, для

МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ КИЄВА ТА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Сурмашева О.В., Желуденко Ю.В., Молчанець О.В., Росада М.О., Полька О.О., Задкова С.П.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ, Україна

Мета: мікробіологічний моніторинг промислових стічних вод та їхній вплив на стан поверхневих вод.

Матеріали та методи дослідження.

Оцінювання якості стічної води здійснювали за показниками кількість лактозопозитивних кишкових бактерій (ЛКП), колі-індекс, кількість коліфагів та наявність патогенних ентеробактерій.

Результати дослідження. Досліджували стічні води (СВ), очищені за методом повної біологічної очистки та знезараження, УФ-опроміювання, хлорування та застосування очисних споруд. Проби зворотних СВ промислових підприємств відповідали вимогам 1-2 класів якості. Виявлено 7 проб СВ харчових підприємств, які не відповідали вимогам до скиду у відкриту водойму за показником кількість ЛКП, який визначався у межах від 2300 КУО/дм³ до 46000 КУО/дм³, що

говорить про фекальне забруднення вод. Водночас за показником кількість коліфагів ці проби належали до 2 класу якості. Порівняльний аналіз проб поверхневих вод річки до та після скиду промислових зворотних вод свідчить, що скид досліджених зворотних вод не призводив до мікробіологічного забруднення поверхневих вод.

Висновки: за результатом моніторингу мікробіологічної якості 41 проби зворотних стічних вод промислових підприємств за січень 2021 р. – червень 2023 р. виявлено 34 проби СВ, які відповідали вимогам 1-2 класів якості, що свідчить про їхню задовільну очистку та можливість випуску у відкриту водойму. 7 проб не відповідали вимогам за показником кількість ЛКП, що вказує на неякісну очистку та фекальне забруднення їх. Встановлено, що поверхневі води до та після скиду зворотних стічних вод за показниками ЛКП, колі-індексом та кількістю коліфагів належали до 1-2 класів якості. Скид досліджених зворотних вод не перевищував допустимі норми та не призводив до мікробіологічного забруднення поверхневих вод.

Ключові слова: стічні води, лактозопозитивні кишкові палички, коліфаги.

© Сурмашева О.В., Желуденко Ю.В., Молчанець О.В., Росада М.О., Полька О.О., Задкова С.П. СТАТТЯ, 2023.

видалення цист і паразитарних яєць – системи стабілізаційних ставків [1].

Стічні води з підприємств харчової промисловості зазвичай містять високі концентрації органічних, хімічних та біологічних забруднювачів та мають значні коливання складу залежно від сезону та типу сировини [2].

Очищення стічних вод підприємств харчової галузі є необхідним, оскільки прямий скид серйозно забруднює ґрунт та поверхневі води прилеглих територій і може призвести до евтрофікації води [3]. На даний момент відбувається швидке зміщення акцентів у секторі оцінки зворотних стічних вод і органічних відходів, від підходу «видалення та обробки» до відновлення і повторного використання «води, енергії та матеріалів» [4, 5]. Оптимізація споживання води та очищення стічних вод у харчовій промисловості може створити додаткову економічну цінність, вигоду відновлення ресурсів, водночас зменшуючи забруднення довкілля [6].

СВ є дуже небезпечними у санітарно-епідемічному відношенні, серед яких найбільш вагомими є пред-

ставники родини *Enterobacteriaceae*, родів *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* тощо. Найбільше санітарно-показове значення має рід *Escherichia*. Наявність коліформ у воді свідчить про її фекальне забруднення, а їх число дозволяє оцінити ступінь цього забруднення.

На відміну від хімічного забруднення мікробне забруднення є проліферативним, вторинним та інфекційним. Вибухове розмноження мікроорганізмів може призвести до ураження великої кількості населення за короткий проміжок часу з блискавичним розповсюдженням інфекцій на значні території, погіршення якості води, появи запаху або токсинів і викликати вторинне забруднення. Патогенні мікроорганізми, опосередковані водою, можуть передаватися через їжу, аерозолі та контакт, створюючи небезпеку для здоров'я людини [7].

В Україні протягом останніх років реєструвалися спалахи кишкових інфекцій, вірусного гепатиту, шигельозу, черевного тифу пов'язані з водою [8].

Нажаль, Україна перебуває у зоні високої потенцій-

ної небезпеки інфікування збудниками, що передаються водним шляхом, через війну, екологічну катастрофу на Каховській ГЕС та відсутність вільного доступу до централізованого водопостачання.

Саме тому необхідно здійснювати контроль очищення стічних вод, щоб уникнути біологічних ризиків і забезпечити їх безпечне використання або випуск у відкриті водойми.

Метою роботи був мікробіологічний моніторинг промислових стічних вод та їхній вплив на стан поверхневих вод.

Матеріали та методи дослідження. У лабораторії санітарної мікробіології та дезінфектології ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМН України» проводили оцінку ефективності очищення стічних вод згідно з ДСТУ 7369:2013 «Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення» п. 4.5 [9] та ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» [10].

Оцінювання якості стічної води здійснювали за та-

Таблиця 1

Вимоги до якості поверхневих вод згідно з ДСТУ 4808:2007

Показники якості води	Одиниці вимірювання	Класи якості води			
		1	2	3	4
Загальне мікробне число (ЗМЧ)	КУО/см ³	десятки	сотні	тисячі	десятки тисяч
Загальні коліформи (лактозопозитивні кишкові бактерії), індекс не більше ніж	КУО/дм ³	100	1 000	10 000	50 000
Термостабільні кишкові бактерії (ТКБ), індекс	КУО/дм ³	відсутність	50	500	>1 000
Наявність патогенних ентеробактерій (сальмонели, шигели)	наявність/дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	наявність/відсутність
Коліфаги, індекс	БУО/дм ³	відсутність	10	100	1 000
Ентеровіруси, аденовіруси та антигени ротавірусів, реовірусів, аденовірусів і вірусу гепатиту А	наявність/дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	наявність/відсутність

кими показниками: кількість лактозопозитивних кишкових бактерій (ЛКП), колі-індекс згідно з МУ № 2285-81 [11], кількість колифагів та наявність патогенних ентеробактерій згідно з МВ 10.2.1-113-2005 [12].

Для визначення кількості лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) та колі-індексу кожен об'єм води та її розведення (10,0; 1,0; 0,1 та 0,01 см³), висівали у лактозо-пептонне середовище у трьох повторностях. Колі-індекс обраховували згідно з [11].

Визначення колифагів проводили прямим методом. Для цього досліджували 20 см³ проби води шляхом прямого посіву двошаровим агаровим методом та наступним підрахунком зон лізису на газоні *E. coli*.

Дослідження на патогенні ентеробактерії проводили методом мембранної фільтрації об'єму проби 1 дм³ з використанням нітроцелюлозних фільтрів «Millipore» (діаметр пор – 0,45 мкм).

Результати дослідження. За січень 2021р. – червень 2023 р. було досліджено 57 зразків води, відібраної у межах міста Київ та Київської області, зокрема 41 проба – стічні води промислових підприємств, з яких 27 – зразки з підприємств харчової галузі, 16 проб поверхневих вод річки до та після скиду зворотних вод.

Очистка СВ на цих підприємствах провадилася з застосуванням очисних споруд, повної біологічної очистки та знезараження,



ФАКТОРИ ДОВКІЛЛЯ ТА РИЗИКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я

УФ-випромінювання та хлорування.

СВ промислових підприємств після біологічного та хімічного очищення (14 проб) аналізували перед скидом у відкриту водойму для моніторингу їхньої якості (табл. 2).

Згідно з отриманими даними якість очищеної стічної води після біологічного очищення та хлорування перед скидом у відкриту водойму відповідала 1-2 класам якості, що свідчить про ефективність процесів очищення.

Дослідні проби СВ підприємств харчової галузі було поділено на 3 групи згідно з методами очищення. Група 1 – промислові стічні води після повної біологічної очистки та знезараження перед скидом у водойму (8 проб), група 2 – очищена стічна вода із контактного резервуара після УФ-опромінування (10 проб), група 3 – після виходу із очисних споруд (9 проб).

Результати мікробіологічних досліджень стічних вод харчових підприємств перед скидом у відкриту водойму представлено у табл. 3.

Як видно з одержаних результатів, очищені СВ під-

приємств харчової галузі відповідають вимогам 2 класу якості, що свідчить про їхню задовільну очистку та можливість випуску у відкриту водойму.

Однак у групах 2 та 3 було виявлено 7 проб СВ, які не відповідали вимогам до скиду у відкриту водойму за показником кількості ЛКП (5 та 2 проби відповідно), який визначався у межах від 2300 КУО/дм³ до 46000 КУО/дм³, що свідчить про фекальне забруднення вод. Водночас за показником кількості колифагів ці проби належали до 2 класу якості.

Окрім того, для моніторингу ефективності очистки СВ було проведено порівняльний аналіз проб поверхневих вод річки до та після скиду промислових зворотних вод (16 проб). Результати наведено у таблиці 4.

Оцінювання результатів дослідження проб очищених стічних вод перед скидом у водойму провадили згідно з вимогами документації підприємств. Вказані вимоги у документації відповідали 1-2 класам якості очищення стічних вод.

Таким чином, скид досліджених зворотних вод не перевищував допустимі

Таблиця 2

Результати мікробіологічних досліджень очищених промислових стічних вод після біологічного очищення та хлорування перед скидом у відкриту водойму

Показники	Об'єкт досліджень
	Стічна вода після біологічного очищення та хлорування перед скидом (14 проб)
Кількість ЛКП, в 1 дм ³	менше 300
Колі-індекс	менше 300
Кількість колифагів, БУО/дм ³	менше 50
Патогенні ентеробактерії (сальмонели) в 1 дм ³	відсутні

норми (табл. 1) та не призводив до мікробіологічного забруднення поверхневих вод.

Висновки

1. Проведено моніторинг якості стічних вод промислових підприємств та поверхневих вод (57 проб) за мікробіологічними критеріями.

Аналіз результатів досліджень стічних вод, утворених внаслідок роботи очисних споруд підприємств харчової галузі за січень 2021 – червень 2023 років показав, що 34 проби очищених стічних вод відповідали вимогам 1-2 класів якості, що свідчить про їхню задовільну очистку та можливість випуску у відкриту водойму.

2. Встановлено, що із загальної кількості проб промислових стічних вод 7 проб не відповідали вимогам за показником кількості ЛКП, що свідчить про неякісну очистку та фекальне забруднення їх.

3. За результатами досліджень встановлено, що поверхневі води до та після

скиду зворотних стічних вод, за показниками ЛКП, колі-індексом та кількістю коліфагів належали до 1-2 класів якості. Скид досліджених зворотних вод не перевищував допустимі норми та не призводив до мікробіологічного забруднення ними поверхневих вод.

REFERENCES

1. Govoreanu R, Saveyn H, Van der Meeren P, Vanrolleghem PA. Simultaneous determination of activated sludge floc size distribution by different techniques. *Water Science and Technology*. 2004 Dec 1 ; 50 (12) : 39-46. <https://doi.org/10.2166/wst.2004.0693>.

2. Natasha N, Shahid M, Bibi I, Iqbal J, Khalid S, Murtaza B, Bakhat HF, Farooq AB, et al. Zinc in soil-plant-human system: a data-analysis review. *Science of the Total Environment*. 2022 Feb; 808 :152024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152024>

3. Wang Y, Liu D, Xiao W, Zhou P, Tian C, Zhang C, Du J, Guo H, Wang B. Coastal eutrophication in China: trend, sources, and ecological effects. *Harmful Algae*. 2021 Jul ; 107 : 102058. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102058>

4. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

5. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

6. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

7. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

8. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

9. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

10. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

11. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

12. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

13. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

14. Capson-Tojo G, Batstone DJ, Grassino M, Vlaeminck SE, Puyol D, Verstraete W, Kleerebezem R, Oehmen A, et al. Purple phototrophic bacteria for resource recovery: challenges and opportunities. *Biotechnology Advances*. 2020 Nov ; 43 : 107567. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107567>

15. Costa CF, Amorim CL, Duque AF, Reis MA, Castro PM. Valorization of wastewater from food industry: moving to a circular bioeconomy. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 2021 Dec 2 ; 21 (1) : 269-95. <https://doi.org/10.1007/s1157-021-09600-1>

Таблиця 3

Результати мікробіологічних досліджень очищених стічних вод підприємств харчової галузі

Показники	Вимоги	Об'єкт досліджень		
		Промислові стічні води після повної біологічної очистки та знезараження перед скидом у водойму (8 проб)	Очищена стічна вода із контактного резервуара після УФ-опроміювання (5 проб)	Після виходу із очисних споруд (7 проб)
Кількість ЛКП в 1 дм ³	менше 5000	менше 300	менше 300	менше 300
Колі-індекс	менше 1000	менше 300	менше 300	менше 300
Кількість коліфагів, БУО/дм ³	Менше 100	менше 50	менше 50	менше 50

Таблиця 4

Контроль поверхневих вод річки та розподіл проб за мікробіологічною чистотою

Показники	Об'єкт досліджень	
	Поверхневі води річки вище скиду зворотних вод (8 проб)	Поверхневі води річки нижче скиду зворотних вод (8 проб)
Кількість ЛКП в 1 дм ³	1 клас якості	1 клас якості
Колі-індекс	1 клас якості	1 клас якості
Кількість коліфагів, БУО/дм ³	2 клас якості	2 клас якості

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT
OF WASTEWATER OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES IN KYIV
AND THE KYIV REGION

**Surmasheva O.V., Zheludenko Yu.V.,
Molchanets O.V., Rossada M.O.,
Polka O.O., Zadkova S.P.**

*State Institution «O.M. Marzieiev Institute
for Public Health NAMS of Ukraine», Kyiv*

The aim: industrial wastewater microbiological monitoring and its effect on the drainage water condition.

Purpose: microbiological monitoring of industrial wastewater and its impact on the state of surface waters.

Materials and methods: wastewater quality evaluation was performed according to the parameters: the lactose-positive coliforms (LPC) count, the coli index, coliphages count and the pathogenic enterobacteria presence.

Results: wastewater (WW) treated with full biological treatment and disinfection, UV radiation, chlorination and the cleansing structures use was studied. Industrial WW samples met the 1-2 quality class requirements.

7 food processing wastewater samples did not meet the discharge into an open water requirements in terms of LCP count, which was in the range from 2300 CFU/dm³ to

46000 CFU/dm³, it indicates water fecal pollution. At the same time, according to the coliphages count, these samples belonged to the 2-nd quality class.

Surface water samples comparative analysis before and after the industrial wastewater discharge shows that the investigated wastewater discharge did not lead to surface watercourse microbiological contamination.

Conclusions: according to the 41 industrial wastewater reuse samples microbiological quality monitoring results for the period January 2021-June 2023, 34 WW samples were met the 1-2 quality class requirements, which indicates their satisfactory purification and the discharge possibility into an open water body. 7 samples did not meet the LCP number requirement, which indicates poor-quality purification and their fecal contamination.

It was established that the surface watercourse before and after the reuse wastewater discharge, according to the LCP count, the coli index, coliphages count belong to the 1-2 quality class. The investigated industrial wastewater discharge did not exceed the allowance allocation and did not lead to surface waters microbiological contamination.

Keywords: wastewater, lactose-positive coliforms, coliphages.

-
-
6. Lee SY, Stuckey DC. Separation and biosynthesis of value-added compounds from food-processing wastewater: towards sustainable wastewater resource recovery. *Journal of Cleaner Production*. 2022 Jul ; 357 : 131975. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131975>
7. Griffiths JK. Waterborne diseases. In : International encyclopedia of public health. 2-nd edition. Vol. 7. Elsevier ; 2017 : 388-401. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803678-5.00490-2>
8. Charnley GE, Kelman I, Gaythorpe K, Murray K. Understanding the risks for post-disaster infectious disease outbreaks: a systematic review protocol. *BMJ Open*. 2020 Sep ; 10 (9) : e039608. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-039608>
9. DSTU 7369:2013. Stichni vody. Vymohy do stichnykh vod i yikhnikh osadiv dlia zroshuvannia ta udobriuvannia [Waste water. Requirements for wastewater and its sediments for irrigation and fertilization]. Kyiv: Minekonomrozytku Ukrainy ; 2013. 10 p. Ukrainian
10. DSTU 4808:2007. Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia [Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological requirements for water quality and selection rules]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy ; 2007. 36 p. Ukrainian
11. Metodicheskie ukazaniya po sanitarno-mikrobiologicheskomu analizu vody poverkhnostnykh vodoemov [Methodological instructions for microbiological control of water in surface reservoirs : *Order of the Ministry of Health of the USSR* № 2285-81. Moscow; 1981. Russian
12. Pro zatverdzhennia metodychnykh vkazivok «Sanitarno-mikrobiolohichni kontrol yakosti pytnoi vody» [Methodological guidelines «Sanitary and microbiological control of the quality of drinking water»: *Order of the Ministry of Health of Ukraine* № 60, 2005 Feb 3. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0060282-05#Text>. Ukrainian

Надійшло
до редакції 12.08.2023