

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.14.206-217

УДК 658.382 : 661.3

д.т.н., професор **Шаманський С.Й.**,
shamanskiy.sy@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6215-3438,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Шаманська Л.Р.,
ie.ls.architect@gmail.com, ORCID: 0009-0001-7833-0929,
фізична особа-підприємець (ФОП)

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ШЛЯХОМ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Висвітлюється проблема охорони праці у процесах водовідведення. Визначено, що підвищення безпеки праці полягає у реалізації комплексу заходів, що спрямовані на зменшення ризиків професійних захворювань на робочому місці, у тому числі екологічних ризиків. Проаналізовано недоліки традиційних технологічних рішень, що підвищують ризики та негативно впливають на здоров'я працівників комунальних підприємств та населення. Показано, що управління ризиками дозволяє покращити безпеку та умови праці при організації процесів водовідведення. Сформовано пропозиції щодо удосконалення організації складових процесів водовідведення. Особливу увагу приділено вдосконаленню технологічних рішень щодо видалення біогенних елементів зі стічних вод, технологічних рішень щодо вдосконалення технологій анаеробного зброджування осадів стічних вод, впровадженню нових технологічних рішень щодо перекачування стічних вод.

Ключові слова: охорона праці; управління ризиками; комплексне оцінювання ризиків; безпечні технологічні рішення; організація процесів водовідведення.

Постановка проблеми. Водовідведення та очищення стічних вод забезпечує екологічну безпеку технічного та побутового водокористування на урбанізованих територіях. Однак процеси, що відбуваються в трубопроводах каналізаційних мереж та на очисних спорудах, створюють інтенсивне техногенне навантаження на природне середовище. Це може призвести до створення екологічно небезпечних ситуацій, а також загроз для безпеки праці у комунальному господарстві.

Основними напрямками запобігання екологічно небезпечним ситуаціям та забезпечення безпеки праці у комунальному господарстві, а також безпеки населення можна назвати:

- створення енергозберігаючих технологій, що мінімізують їхній вплив на навколишнє середовище;
- створення науково-методологічних засад управління екологічними ризиками в процесах водовідведення;
- розроблення механізмів регулювання діяльності щодо зниження ризиків та зменшення масштабів екологічно небезпечних ситуацій;
- удосконалення механізмів охорони праці в комунальному господарстві та підвищення ефективності використання матеріально-технічного забезпечення професійної діяльності;
- розроблення та вдосконалення систем моніторингу, спостереження та лабораторного контролю за станом навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для ефективного управління екологічною безпекою будь-якого процесу необхідно знизити екологічні ризики, пов'язані з його реалізацією [1]. Зменшення екологічних ризиків дозволяє покращити безпеку та умови праці в сфері реалізації цих процесів.

Недоліки традиційних процесів водовідведення призводять до багатьох екологічних проблем [2]. Вони також є причиною існуючих ризиків для здоров'я працівників муніципальних установ та здоров'я населення. Вони можуть знижувати екологічну безпеку. Для її підвищення можна визначити шляхи вирішення екологічних проблем, які потенційно здатні зменшити існуючі екологічні ризики [3, 4].

Необхідно розробити нові екологічно безпечні та енергоефективні процеси очищення стічних вод на основі оновленої концепції очищення стічних вод [5].

Концепція повинна розглядати сам процес очищення стічних вод, а також утворені шлами як потенційні джерела комерційно цінної сировини та альтернативних енергетичних ресурсів. Водночас слід враховувати зменшення потенційного негативного впливу цього процесу на навколишнє середовище та підвищення економічної ефективності його експлуатації.

Цього слід досягти шляхом розробки та впровадження нових високоефективних та екологічно безпечних технологічних схем реалізації окремих технологічних процесів на очисних спорудах, а також розробки нових конструктивних рішень для окремих компонентів очисних споруд. Поняття екологічної безпеки нерозривно пов'язане з поняттям екологічних ризиків [6, 7]. Останні, у свою чергу, можна кількісно оцінити за певними параметрами. Завдання управління екологічною безпекою можна сформулювати як завдання управління параметрами екологічних ризиків.

Управління екологічними ризиками можна здійснювати визначаючи критерії ризиків та розробляючи заходи направлені на їх зниження.

Антропогенна діяльність створює відходи, які можна вважати такими, що створюють найпоширеніші фактори впливу навколишнє природне середовище, і є однією з головних причин збільшення екологічних ризиків. Процеси водовідведення, у свою чергу, можна назвати одними з головних у створенні таких факторів.

Для комплексного оцінювання екологічних ризиків запропоновано використання методу додавання значень окремих критеріїв ризику. Таким чином комплексний критерій ризику може бути визначений за формулою:

$$K_{\text{компл.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha K_i}{n}, \quad (1)$$

де: K_i – відносне значення i -го критерія ризику, безрозмірне; n – кількість критеріїв ризику; α – ваговий коефіцієнт.

У цій формулі відносне значення i -го критерія ризику визначається відношенням абсолютного значення i -го критерія ризику до базового абсолютного значення, що задається окремо для кожного i -го критерія.

Якщо критерієм є скидання забруднень у навколишнє середовище, то відносне значення критерія ризику слід визначати співвідношенням між кількістю скинутих забруднень до прийнятої базової кількості цих забруднень. Ваговий коефіцієнт α слід приймати залежно від класу шкідливості забрудненої речовини, що скидається. Це можна представити у вигляді формули:

$$K_i = \frac{Z_i}{Z_{\text{баз}}}, \quad (2)$$

де: Z_i – кількість скинутих забруднень i -го виду; $Z_{\text{баз}}$ – базова кількість скинутих забруднень i -го виду.

Необхідно розробити пропозиції щодо організації процесу додаткового очищення стічних вод від біогенних елементів для зменшення їх скидання у водойми з очищеними стічними водами [8, 9]. Таким чином можна зменшити потенційні загрози евтрофікації водойм та пов'язані з цим екологічні ризики. Для цього перспективним можна вважати процес очищення у фотобіореакторі з використанням традиційно очищених стічних вод як живильного середовища для вирощування енергетичних мікроводоростей для виробництва з них біопалива [10, 11]. Пропозиції наведено в [12].

Необхідно розробити пропозиції щодо організації анаеробної стабілізації (метанового бродіння) осаду стічних вод разом з іншими органічними відходами, які потенційно можуть утворюватися на очисних спорудах після впровадження технологічної схеми очищення стічних вод [13, 14]. Для цього можна вважати перспективним організацію процесу бродіння з поділом на

етапи відповідно до сучасних уявлень про біохімію процесу та із забезпеченням оптимальних умов для кожного етапу [15, 16]. Це зменшить потрапляння забруднюючих речовин (перш за все, патогенних елементів) у ґрунт під час утилізації осаду як органічних добрив, зменшить викиди парникових газів в атмосферу (метану, вуглекислого газу) та, як наслідок, зменшить екологічні ризики, пов'язані з цим. Пропозиції наведено в [17].

Необхідно розробити пропозиції щодо організації перекачування стічних вод та зворотного активного мулу без надмірних тисків та динамічних навантажень [18, 19]. Для цього перспективним можна вважати використання нових конструкцій гвинтових насосів. Це зменшить витрати електроенергії на перекачування, а також покращить якість зворотного та рециркулюючого активного мулу. У свою чергу, це покращить якість біологічного очищення контактних вод та зменшить екологічні ризики, пов'язані з надходженням біологічних забруднювачів у водойми. Пропозиції наведено в [20].

Метою публікації є розроблення пропозицій щодо організації складових процесів водовідведення, що дозволять підвищити безпеку праці шляхом управління екологічними ризиками при організації системи водовідведення на урбанізованих територіях.

Основна частина. Розрахуємо відносні значення критеріїв ризику надходження біогенних елементів у водні об'єкти без доочищення стічних вод та після доочищення за запропонованою технологією, використовуючи формулу 2. Під час доочищення зі стічних вод видаляються сполуки фосфору, сполуки азоту (нітрати) та амонійний азот. Базовими значеннями можуть бути нормативні концентрації цих сполук у очищених стічних водах до доочищення: сполук фосфору – 8,0 мг/л; сполук азоту (нітратів) – 9,5 мг/л; амонійного азоту – 1,8 мг/л.

Результати попередніх досліджень свідчать [8], що після доочищення концентрації цих сполук у стічних водах зменшуються до таких значень: сполук фосфору – 0,84 мг/л; сполук азоту (нітратів) – 2,78 мг/л; амонійного азоту – 0,10 мг/л.

За запропонованою методикою відносні значення критеріїв ризику надходження біогенних елементів у водні об'єкти без доочищення стічних вод у всіх перерахованих випадках матимуть значення 1,0. Після доочищення відносні значення критеріїв ризику, розраховані за формулою 2 складуть: за сполуками фосфору – 0,11; за сполуками азоту (нітратами) – 0,29; за амонійним азотом – 0,06.

Отже, доочищення стічних вод у фотобіореакторах дозволяє досягати зменшення критеріїв ризику потрапляння біогенних елементів у відкриті

водойми: для сполук фосфору – на 89 %; для сполук азоту (нітратів) – на 71 %; для амонійного азоту – на 90 %.

Розрахуємо відносні значення критеріїв ризику потрапляння патогенних елементів у ґрунти під час утилізації осаду стічних вод. При використанні осаду первинних та вторинних відстійників як органічних добрив без анаеробного зброджування патогенні елементи що в них містяться повністю потрапляють у ґрунт. При застосуванні зброджування осадів за традиційними технологіями, що використовують безперервний процес, частина функціонуючих патогенних елементів, потрапляє у зброджений осад. Це неунікнений процес для традиційних технологій. Дослідження показують, що у збродженому осаді опиняється біля трьох відсотків патогенів від їх початкової кількості. Запропонована чотириступенева технологія зброджування забезпечує загибель усіх патогенів і виключає можливість їх потрапляння у зброджений осад.

Попередні дослідження показують [17], що коли-індекс осадів комунальних каналізаційних очисних споруд складає: для первинних відстійників – 5×10^{10} кг⁻¹; для вторинних відстійників – $1,7 \times 10^{10}$ кг⁻¹.

При використанні традиційної технології зброджування коли-індекс зброджених осадів складає: для первинних відстійників – $0,15 \times 10^{10}$ кг⁻¹; для вторинних відстійників – $0,051 \times 10^{10}$ кг⁻¹.

Оскільки запропонована чотириступенева технологія зброджування виключає можливість потрапляння патогенів у зброджений осад, його коли-індекс складає 0 кг⁻¹.

Базовими значеннями можуть бути концентрації коли-індекси незброджених осадів, тобто: для первинних відстійників – 5×10^{10} кг⁻¹; для вторинних відстійників – $1,7 \times 10^{10}$ кг⁻¹.

Відносні значення критеріїв ризику надходження патогенних елементів у ґрунти без зброджування осадів стічних вод в обох перерахованих випадках матимуть значення 1,0. Після зброджування за традиційною технологією відносні значення критеріїв ризику складуть: для осаду первинних відстійників – 0,03; для осаду вторинних відстійників – 0,01.

Отже, зброджування осадів стічних вод у метантенках за традиційною технологією дозволяє досягати зменшення критеріїв ризику потрапляння патогенних елементів у ґрунти: для осаду первинних відстійників – на 70 %; для осаду вторинних відстійників – на 90 %. Зброджування осадів за запропонованою чотириступеневою технологією дозволяє зменшувати критерії ризику на 100 %.

Розрахуємо відносні значення критеріїв ризику надходження вуглекислого газу у повітря при перекачуванні стічних вод насосами. Насоси

використовують переважно електроенергію при виробництві якої спалюється паливо та викидається вуглекислий газ.

Як значення критерію ризику можна розглядати питомий викид вуглекислого газу при використанні різних типів каналізаційних насосів. Сам питомий викид можна визначати за формулою:

$$E_{CO_2} = \frac{E_{ел.CO_2}}{\eta_{нас}}, \quad (3)$$

де: $E_{ел.CO_2}$ – питомий викид вуглекислого газу на одиницю виробленої електроенергії; η – коефіцієнт корисної дії насоса.

Традиційно у водопровідно-каналізаційному господарстві використовуються переважно відцентрові насоси. Застосовуються також шнекові насоси традиційної конструкції. Попередні дослідження показують, що коефіцієнт корисної дії насосів може становити: усереднений для відцентрових насосів – 0,3; для шнекових насосів традиційної конструкції (залежно від діаметра шнека та частоти його обертання) – 0,47 ÷ 0,55; для шнекових насосів запропонованої конструкції (з тими самими характеристиками) – 0,77.

Попередні дослідження також показують [21], що усереднені питомі викиди вуглекислого газу при виробництві електричної енергії можна прийняти у розмірі $0,107 \times 10^{-6}$ кг/Дж. Враховуючи це, питомий викид вуглекислого газу при перекачуванні стічних вод різними типами каналізаційних насосів, розрахований за формулою 3, складе: для відцентрових насосів – $0,356 \times 10^{-6}$ кг/Дж; для шнекових насосів традиційної конструкції (залежно від діаметра шнека та частоти його обертання) – $0,228 \times 10^{-6}$ кг/Дж ÷ $0,195 \times 10^{-6}$ кг/Дж; для шнекових насосів запропонованої конструкції – $0,138 \times 10^{-6}$ кг/Дж.

Як базове значення приймемо питомий викид вуглекислого газу при перекачуванні стічних вод відцентровим насосом, тобто $0,356 \times 10^{-6}$ кг/Дж.

Відносні значення критеріїв ризику викидів вуглекислого газу складуть: для відцентрових насосів – 1,0; для шнекових насосів традиційної конструкції (залежно від діаметра шнека та частоти його обертання) – 0,640 ÷ 0,547; для шнекових насосів запропонованої конструкції – 0,387.

Отже, заміна відцентрових насосів на шнекові насоси традиційної конструкції (де є технічна можливість) дозволяє зменшити значення критеріїв ризику викидів вуглекислого газу на 36% ÷ 45%. При впровадженні шнекових насосів запропонованої конструкції зменшення значення критерія ризику може досягати 61 %.

Розрахуємо значення комплексного критерія ризику за формулою 1. При цьому значення вагового коефіцієнта α приймаємо: для критеріїв ризику надходження біогенних елементів у водні об'єкти 1,0 як для речовин третього

класу шкідливості; для критеріїв ризику потрапляння патогенних елементів у ґрунти та критеріїв ризику надходження вуглекислого газу у повітря при перекачуванні стічних вод 0,5 як для речовин четвертого класу шкідливості. Значення комплексного критерія при використанні традиційних технологічних процесів складе:

$$K_{\text{компл.}} = \frac{[0,5 \times (0,176 + 1,0 + 0,877 + 0,640 + 1,0 + 0,01) + 1,0 \times (1,0 + 1,0 + 0,030)]}{9} = 0,43$$

Значення комплексного критерія при використанні запропонованих технологічних процесів складе:

$$K_{\text{компл.}} = \frac{[0,5 \times (0,062 + 0,067 + 0,830 + 0,387 + 0,115 + 0) + 1,0 \times (0,056 + 0,293 + 0)]}{9} = 0,12$$

Отже, впровадження запропонованих технологічних процесів знижує значення комплексного критерію екологічного ризику з 0,43 до 0,12, тобто на 31%.

Висновки. Показано доцільність впровадження екологічно безпечної концепції водовідведення, що ґрунтується на запропонованих технологічних рішеннях. Концепція має перспективи для широкого використання на урбанізованих територіях. Її впровадження має потенціал значного зниження екологічних ризиків, а отже, підвищення екологічної безпеки водовідвідних систем та покращення охорони праці на комунальних підприємствах.

Екологічні розрахунки свідчать про можливість отримання таких результатів.

Впровадження технології очищення стічних вод від біогенних елементів у закритих фотобіореакторах забезпечує зменшення значення критеріїв ризику надходження біогенних елементів у водні об'єкти: для сполук фосфору – на 89 %; для сполук азоту (нітратів) – на 71 %; для амонійного азоту – на 90 %.

Показано, що зброджування осадів стічних вод, організоване за традиційними технологіями, дозволяє зменшити значення критеріїв ризику потрапляння патогенних елементів у ґрунти: для осаду первинних відстійників – на 70 %; для осаду вторинних відстійників – на 90 %. Впровадження більш ефективної чотириступеневої технології анаеробного бродіння досягається зниження значення критеріїв ризику потрапляння патогенних елементів у ґрунти на 100 %.

Показано, що використання шнекових насосів традиційної конструкції замість відцентрових насосів дозволяє зменшувати значення критеріїв ризику

викидів вуглекислого газу на 36% ÷ 45% (залежно від діаметра шнека та частоти його обертання). Впровадження технології перекачування стічних вод з використанням шнекових насосів запропонованої конструкції зменшення значення критерія ризику досягає 61 % і, відповідно, покращує охорону праці на комунальних підприємствах урбанізованих територій.

Список джерел

1. Польова Н., Андрушкевич Н. Теоретичні аспекти управління екологічною безпекою на промислових підприємствах. *Розвиток міста*. 2025. №2 (06). С. 120 – 126. <https://doi.org/10.32782/city-development.2025.2-16>
2. Хомко Н.Ю., Руда М.В. Оцінювання впливу «Львівводоканалу» на довкілля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. №28(5). С. 83–87.
3. Статник І.І. Оцінка екологічних ризиків погіршення якості води річок. *Вісник національного університету водного університету та природокористування*. 2022. №2(98). С. 135-146. DOI: 10.31713/vs2202210
4. Dunn M.L. Occupational Safety and Health. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*. 2003. No. 13(3). P. 235-239. doi:10.2190/CUQ4-V2Y4-LW3K-4XN2
5. Шаманський С. Й., Бойченко С. В. Інноваційні екологічно безпечні технології у водовідведенні. Монографія К.: Видавництво «Центр учбової літератури». 2018. – 320 с.
https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=Q2ASvIkAAAAAJ&citation_for_view=Q2ASvIkAAAAAJ:blknAaTinKkC
6. Breitenstein M., Nguyen, D., Walther, T. Environmental hazards and risk management in the financial sector: a systematic literature review. *Journal of Economic Surveys*. 2021. No. 35. P. 512–538. <https://doi.org/10.1111/joes.12411>
7. Liu S.Y., Wang H.Q., Li Y.L. Current Progress of Environmental Risk Assessment Research, *Procedia Environmental Sciences*. Volume 13. 2012. P. 1477–1483. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.139>
8. Nezbyrtska, I., Shamanskyi, S., Pavliukh, L., Gorbunova, Z. Application of *Euglena gracilis* in wastewater treatment processes. *Biotechnologia*, 2022. No. 103(4), P. 323–330 <https://doi.org/10.5114/bta.2022.120702>
9. Kesari K.K., Soni R., Jamal Q.M.S. et al. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water Air Soil Pollut.* 2021. P. 232-208. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>
10. Osman M.E.H., Abo-Shady, A.M., Elshobary, M.E. et al. Screening of seaweeds for sustainable biofuel recovery through sequential biodiesel and bioethanol production. *Environ Sci Pollut Res* No. 27. 2020. P. 32481–32493 <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09534-1>

11. Crini G., Lichtfouse E. Wastewater Treatment: An Overview. In: Crini G., Lichtfouse, E. (eds) Green Adsorbents for Pollutant Removal. Environmental Chemistry for a Sustainable World, 2018. Volume 18. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92111-2_1
12. Shamanskyi S., Boichenko S., Adeniyi C. Photobioreactor for microalgae cultivation for biofuel production with simultaneous sewage water treatment. *Systemy i Środki Transportu Samochodnego. Wybrane Zagadnienia. Monografia nr. 16. Seria: Transport. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska. 2019. P. 61 – 67.* https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=v7sS6dwAAAAJ&citation_for_view=v7sS6dwAAAAJ:kNdYIx-mwKoC
13. Md. Nurul Islam Siddique, Zaied Bin Khalid, Nazaitul Shila Rasi, Noraaini Binti Ali, Wan Sani Wan Nik, et al. Anaerobic Fermentation Technology for Bioenergy Generation from Organic Waste: An Overview. *Science Journal of Energy Engineering. 2022. No. 10(1). P. 8–11* <https://doi.org/10.11648/j.sjee.20221001.12>
14. Głowacka Natalia, Ján Gaduš. Verification of the Green Microalgae Biomass Use for Biogas Production. *Acta Regionalia et Environmentalica. Vol. 16. No. 1. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2019. P. 15-19.* <https://doi.org/10.2478/aree-2019-0004>
15. Magdalena J.A., Tomás-Pejó, E., González-Fernández, C. Volatile Fatty Acids Production from Microalgae Biomass: Anaerobic Digester Performance and Population Dynamics during Stable Conditions, Starvation, and Process Recovery. *Molecules. 2019. No. 24(24). P. 4544.* <https://doi.org/10.3390/molecules24244544>
16. Sadib Bin Kabir, Md Khalekuzzaman, Nazia Hossain, Mamun Jamal, Md Asraful Alam, Abd El-Fatah Abomohra. Progress in biohythane production from microalgae-wastewater sludge co-digestion: An integrated biorefinery approach. *Biotechnology Advances. Volume 57. 2022. 107933.* <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107933>
17. Shamanskyi S., Boichenko S. Environmentally Friendly Biogas Production 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2019. P. 243 – 248. <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764190>
18. Andrew Kusiak, Yaohui Zeng, Zijun Zhang, Modeling and analysis of pumps in a wastewater treatment plant: A data-mining approach, *Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2013. Volume 26. Issue 7. P. 1643-1651* <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2013.04.001>
19. Revollar S., Vilanova R., Vega P., Francisco M., Meneses, M. (). Wastewater Treatment Plant Operation: Simple Control Schemes with a Holistic

Perspective. Sustainability. 2020. No. 12(3). P. 768.
<https://doi.org/10.3390/su12030768>.

20. Лісіцин Є.Ф., Шаманський С.Й., Іванов А.О. Шнековий насос з високим об'ємним ККД. Вісник Хмельницького національного університету. 2008. №4. С. 110 – 115. <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/8453>

21. Коефіцієнт викидів парникових газів для виробництва та споживання електроенергії. Аналітичне дослідження та опис методологічного підходу до розрахунку (Офіс зеленого переходу). ГО «ДІКСІ ГРУП». 2024. 112 с. <https://dixigroup.org/analytic/analitichne-doslidzhennya-koeficiziyent-vykydiv-parnykovykh-gaziv-dlya-vyrobnycztva-ta-spozhyvannya-elektroenergiyi/>

Profesor **Sergii Shamanskyi**, Department of Wayer Supply and Drainage,
Kiev National University of Construction and Architecture,
Master of Architecture **Liubov Shamanska**, Individual Entrepreneurship.

IMPROVING OCCUPATIONAL SAFETY THROUGH RISK MANAGEMENT IN ORGANIZING WATER DRAINAGE PROCESSES

The article highlights the problem of labor protection in wastewater processes. It is determined that improving labor safety consists in implementing a set of measures aimed at reducing the risks of occupational diseases in the workplace, including environmental risks. The shortcomings of traditional technological solutions that increase risks and negatively affect the health of employees of municipal enterprises and the population are analyzed. It is shown that risk management allows improving safety and working conditions in organizing wastewater processes. Proposals are made to improve the concept of wastewater disposal and treatment. Within the framework of the concept, it is proposed to improve the organization of the components of wastewater disposal processes and improve their design solutions. For a comprehensive assessment of risks, a method of adding the values of individual risk criteria is proposed. Special attention is paid to improving technological solutions for removing biogenic elements from wastewater. It is shown that the risk criteria for the entry of biogenic elements into open water bodies are reduced due to the introduction of new technological solutions. Attention is paid to technological solutions for improving technologies for anaerobic digestion of wastewater sludge. It is shown that the use of sewage sludge fermentation in methane tanks using traditional technology allows to achieve a reduction in the risk criteria of pathogenic elements entering the soil. Attention is paid to new technological solutions for pumping wastewater. It is shown that the replacement of traditional sewage pumps and screw pumps of the

proposed design allows to reduce the value of risk criteria associated with carbon dioxide emissions into the atmosphere.

Keywords: occupational safety; risk management; comprehensive risk assessment; safe technological solutions; organization of drainage processes.

REFERENCES

1. Poljova N., Andrushkevych N. Teoretychni aspekt upravlinnja ekologichnoju bezpekoju na promyslovyh pidpryjemstvah. *Rozvytok mista*. 2025. No 2 (06). P. 120 – 126. {in Ukrainian}.
2. Homko N.U., Ruda M.V. Ocynjuvannja vplyvu “Lvivvodokanalu” na dovkillja. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2018. No. 28(5). C. 83–87. {in Ukrainian}.
3. Statnyk I.I. Ocinka ekologichnyh ryzykiv pogirshennja jakosti vody richok. *Visnyk nacionalnogo universytetu vodnogo gospodarstva ta pryrodokorystuvannja*. 2022. No. 2(98). C. 135-146. {in Ukrainian}.
4. Dunn M.L. Occupational Safety and Health. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*. 2003. №13(3). P. 235-239. {in English}.
5. Shamanskyi S.I., Boichenko S.V. Innovacijni ekologichno bezpechni tehnologii u vodovidvedenni. *Monografija K.: Vydavnytstvo «Centr uchbovoji literatury»*. 2018. – 320 p. {in Ukrainian}.
6. Breitenstein M., Nguyen, D., Walther, T. Environmental hazards and risk management in the financial sector: a systematic literature review. *Journal of Economic Surveys*. 2021. No. 35. P. 512–538. {in English}.
7. Liu S.Y., Wang H.Q., Li Y.L. Current Progress of Environmental Risk Assessment Research, *Procedia Environmental Sciences*. Volume 13. 2012. P. 1477–1483. {in English}.
8. Nezbyrtytska, I., Shamanskyi, S., Pavliukh, L., Gorbunova, Z. Application of *Euglena gracilis* in wastewater treatment processes. *Biotechnologia*, 2022. No. 103(4), P. 323–330. {in English}.
9. Kesari K.K., Soni R., Jamal Q.M.S. et al. Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water Air Soil Pollut*. 2021. P. 232-208. {in English}.
10. Osman M.E.H., Abo-Shady, A.M., Elshobary, M.E. et al. Screening of seaweeds for sustainable biofuel recovery through sequential biodiesel and bioethanol production. *Environ Sci Pollut Res*. No. 27. 2020. P. 32481–32493. {in English}.
11. Crini G., Lichtfouse E. Wastewater Treatment: An Overview. In: Crini G., Lichtfouse, E. (eds) *Green Adsorbents for Pollutant Removal*. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*, 2018. Vol 18. Springer, Cham. {in English}.

12. Shamanskyi S., Boichenko S., Adeniyi C. Photobioreactor for microalgae cultivation for biofuel production with simultaneous sewage water treatment. *Systemy i Środki Transportu Samochodnego. Wybrane Zagadnienia. Monografia nr. 16. Seria: Transport. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska. 2019. P. 61 – 67. {in English}*.

13. Md. Nurul Islam Siddique, Zaied Bin Khalid, Nazaitul Shila Rasyit, Noraaini Binti Ali, Wan Sani Wan Nik, et al. Anaerobic Fermentation Technology for Bioenergy Generation from Organic Waste: An Overview. *Science Journal of Energy Engineering. 2022. No. 10(1). P. 8–11. {in English}*.

14. Głowacka Natalia, Ján Gaduš. Verification of the Green Microalgae Biomass Use for Biogas Production. *Acta Regionalia et Environmentalica. Vol. 16. No. 1. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2019. P. 15-19. {in English}*.

15. Magdalena J. A., Tomás-Pejó, E., González-Fernández, C. Volatile Fatty Acids Production from Microalgae Biomass: Anaerobic Digester Performance and Population Dynamics during Stable Conditions, Starvation, and Process Recovery. *Molecules. 2019. No. 24(24). P. 4544. {in English}*.

16. Sadib Bin Kabir, Md Khalekuzzaman, Nazia Hossain, Mamun Jamal, Md Asraful Alam, Abd El-Fatah Abomohra. Progress in biohythane production from microalgae-wastewater sludge co-digestion: An integrated biorefinery approach. *Biotechnology Advances. Volume 57. 2022. 107933. {in English}*.

17. Shamanskyi S., Boichenko S. Environmentally Friendly Biogas Production 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2019. P. 243 – 248. {in English}.

18. Andrew Kusiak, Yaohui Zeng, Zijun Zhang, Modeling and analysis of pumps in a wastewater treatment plant: A data-mining approach, *Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2013. Volume 26. Issue 7. P. 1643-1651. {in English}*.

19. Revollar S., Vilanova R., Vega P., Francisco M., Meneses, M. (). Wastewater Treatment Plant Operation: Simple Control Schemes with a Holistic Perspective. *Sustainability. 2020. No. 12(3). P. 768. {in English}*.

20. Lisicyn E. F., Shamanskyi S. I., Ivanov A. O. Shnekovyj nasos z vysokym ob'emnym KKD. *Visnyk Khmelnyckogo nacionalnogo universytetu. 2008. No. 4. P. 110 – 115. {in Ukrainian}*.

21. Koeficient dbkbidiv parnykovykh gaziv dlja vyrobnyctva ta spozhyvannja elektroenergii. *Analitychne doslidzhennja ta opys metodologichnogo pidhodu do rozrahunku (Ofis zelenogo perehodu). GO «DIKSI GRUP». 2024. 112 p. {in Ukrainian}*.