

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-253>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/253>

УДК 628.315.3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Я.Б. Мосійчук¹, П.Д. Хоружий², докт. техн. наук, професор,
І.П. Недашковський³, канд. техн. наук, доцент

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9754-6522>; e-mail: y.mosiichuk@gmail.com;

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9433-361X>; e-mail: petro1939@bigmir.net;

³ Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9494-6694>; e-mail: pk-ogasa@ukr.net

Анотація. У статті проаналізовано шляхи покращення роботи системи водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу. Відзначається, що з метою раціонального та економного витрачання водних та енергетичних ресурсів на даних підприємствах в Інституті водних проблем та меліорації НААН запропоновано напрямок удосконалення замкнених систем водопостачання шляхом розробки високоефективних технологій очищення стічних вод та повторного використання останніх та їх осадів для технологічних потреб. Показано, що традиційні технології біологічного очищення стічних вод не забезпечують належної якості їх очистки, оскільки якість стоків від підприємств значно погіршилась унаслідок надходження до них шкідливих домішок (ксенобіотиків, іонів важких металів тощо), що перешкоджає ефективній роботі аеротенків. Науково обґрунтовано доцільність удосконалення технології «біоконвеєр» низхідним фільтруванням через волокнисте завантаження в біореакторах та висхідним фільтруванням води через плаваюче фільтрувальне завантаження в контактньо-прояснювальних фільтрах для підвищення ефективності процесів очистки стічних вод. Визначено, що даний метод забезпечує високу ефективність біологічного очищення стічних вод при зменшенні кількості осадів та відсутності зворотного активованого мулу, а отже зменшенні капітальних та експлуатаційних витрат. Запропонована технологія замкненого водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу, яка передбачає розділення води, що подається споживачам, на технічну і питну, а також доповнення очисних споруд каналізації біореакторами і контактньо-прояснювальними фільтрами. У таких системах забезпечується мінімальний забір води з природних водних джерел при попередньому очищенні її безпосередньо у водоймі, максимальне використання очищених стічних вод та захист довкілля від забруднення такими водами.

Ключові слова: агропромисловий комплекс, біоконвеєр, біореактор, контактньо-прояснювальний фільтр, стічні води.

Актуальність. Нині в системах водного господарства спостерігаються явища зменшення потреби в кількості споживаної води, підвищуються вимоги до якості очищеної води, що подається споживачам, і паралельно погіршується якість природних водних ресурсів унаслідок прогресуючого їх забруднення неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами.

Для раціонального і економного використання водних ресурсів та захисту їх від забруднення стічними водами в Інституті водних проблем і меліорації НААН започатковано новий напрямок вирішення цієї проблеми шляхом застосування замкнених систем водопостачання на підприємствах агропромислового комплексу (АПК) [1; 2].

Переважне розташування в сільській місцевості підприємств дає можливість очищувати стічні води в таких специфічних спорудах як поля фільтрації, поля зрошення чи біоставки, оскільки стічні води підприємств не токсичні, насичені органічними домішками. Після очищення стоки такого якісного складу можна використовувати для зрошення, а осадки – для удобрення сільгоспкультур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Досягнення вчених у вивченні процесів окиснення при біологічному очищенні, аеробних процесів для очищення стічних вод та розробці методів розрахунку очисних споруд є переконливими. Як свідчить вітчизняний та закордонний досвід, доочистка біологічно очищених стічних вод забезпечує

отримання води дуже високої якості, придатної не тільки для скидання у будь-які відкриті водойми, але і для технічного водопостачання промислових підприємств [3–8]. На сучасному рівні розвитку техніки і технології доочистки можливе отримання зі стічних вод води питної якості, однак доочистка стічних вод потребує великих капітальних і експлуатаційних витрат: загальні витрати на очисній станції збільшуються приблизно на 30–100% і зростають із підвищенням ступеня видалення забруднень.

Мета дослідження – удосконалення замкненої системи водопостачання на підприємстві АПК спорудами для доочищення стічних вод.

Під час дослідження вирішували такі основні задачі:

- аналіз причин незадовільної роботи традиційних споруд для очистки стічних вод із їх сучасними якісними показниками;
- покращення технологічної схеми очищення стічних вод спорудами для доочищення;
- встановлення оптимальних конструктивних і технологічних параметрів роботи біореактора (БР) і контактено-прояснювального фільтра (КПФ) на основі досліджень роботи біоконвеєра;
- удосконалення раціональної технологічної схеми замкненого водопостачання на підприємстві АПК.

Матеріали і методи дослідження. Науково-практичні результати роботи отримано шляхом аналізу роботи станцій очистки стічних вод АПК в сучасних умовах їх якості та відомих методів удосконалення технологічної схеми біологічного очищення стічних вод.

При розробці замкнених систем водопостачання на підприємствах АПК використовували такі принципи:

- воду, що подається на підприємство, запропоновано розділити на технічну і питну, при цьому технічна вода повинна бути дешевою, а питна – високої якості;
- для очищення природних і стічних вод застосовувати природні механізми: видалення домішок, присутніх у воді, за допомогою мікроорганізмів та використання сил гравітації в процесах стисненого осідання домішок при висхідному русі води через плаваюче фільтрувальне завантаження;
- мінімізувати забір води з природних водних джерел за допомогою водозабірно-очисних споруд шляхом затримання значної частини домішок безпосередньо у природній водоймі з очисткою вихідної води до показників якості технічної води;

– стічну воду після її доочищення використовувати для технічного водопостачання на підприємствах АПК або для зрошення сільгоспкультур, а отримані осадки, після додаткової підготовки, перекачувати на сільськогосподарські поля для їх удобрення.

Результати дослідження та їх обговорення. Стічні води підприємств АПК з переробки сільськогосподарської продукції (сирзаводи, льонозаводи, м'ясокомбінати тощо) характеризуються як складна багатокомпонентна система, що містить велику кількість органічних колоїдних і розчинних речовин, сполуки азоту, фосфору та ін., вміст яких досягає: завислих речовин > 1000 мг/дм³, ХСК > 10000 мгО₂/дм³, БСК₅ > 6000 мгО₂/дм³, БСК_{повн} > 2000 мгО₂/дм³, азоту і фосфору ≤ 50 мг/дм³ [9–11].

Основним традиційним методом біологічного очищення стічних вод зазначеного якісного складу є оброблення їх в аеротенках після попереднього механізованого очищення в первинних відстійниках. При постійній аерації в аеротенках стоки очищаються складним гідробіоценозом – активованим мулом, потім вони надходять у вторинний відстійник, а після нього – на фільтри для доочищення.

Така технологія очистки стічних вод була запропонована та реалізована в Англії в 1914 році і відтоді принципово не змінилася, але дуже змінився склад стічних вод, радикально погіршилась їх якість [9; 12]. У них з'явилися стійкі до біорозкладу, невідомі раніше в природі, ксенобіотики, іони важких металів, що згубно впливають на гідробіонти активного мулу, призводять до його «спухання» та вимивання з вторинних відстійників, що стає причиною цілковитої нездатності очищувати такі стічні води.

В Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського колективом відділу мікробіології очищення води розроблено принципний підхід до проблеми біологічного очищення води під назвою «біоконвеєр», суть якого така [9; 12; 13]:

- система руху води повинна бути прямою;
- використання не лише бактерій, а максимально широкого кола гідробіонтів-очисників, починаючи з бактерій та водоростей, та закінчуючи хребетними, як це має місце в природних гідроценозах, та іммобілізація усіх мікроорганізмів на нерозчинних у воді насадках (носіях);
- слід створювати максимально можливу концентрацію та просторову сукцесію мікроорганізмів у всьому об'ємі БР.

Для здійснення просторової суспензії мікроорганізмів доцільно використовувати зафіксовані в споруді насадки з тонких волокнистих матеріалів – нитки джугути типу «ВІЯ», що виробляються з поліетилену, капрону і лавсану за ТУ 996990, мають велику питому площу поверхні (4000–5000 м²/м³), з діаметром волокна 1,5–2,5 мм [14]. Вони дуже міцні, стійкі до гідромеханічних навантажень, а при обростанні біомасою створюють доступні для інтенсивного масообміну зони.

Такі волокнисті матеріали, що використовуються як насадки для закріплення природних біоценозів із метою інтенсифікації процесів очищення природних і стічних вод від органічних, неорганічних та мікробіологічних домішок, допущені Міністерством охорони здоров'я в системах питного водопостачання. Вони здатні утримувати мікроорганізми, що беруть участь в очищенні води на БР, обов'язковим етапом роботи яких є напрацювання біомаси бактерій-деструкторів для ефективної роботи.

Використання волокнистих матеріалів у конструкції БР, що входить до складу біоконвеєра, має низку переваг порівняно з традиційною технологією біологічного очищення води:

– можна очищувати будь-які води, що містять розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні за будь-яких концентрацій;

– у кожному окремому випадку можна отримувати очищену воду потрібної якості;
– вирішується проблема надлишкової біомаси.

БР повинні бути сконструйовані так, щоб швидкість руху води в них не перевищувала критичну, за якої змиваються з поверхні волокон прикріплені мікроорганізми, а з іншого боку була достатньою, щоб виносити з нього рештки біомаси, яка наросла і не прикріпилась до волокон.

З метою інтенсифікації процесів видалення органічних речовин із стічних вод слід використовувати послідовно анаеробні і аеробні БР з іммобілізованими мікроорганізмами на волокнистих носіях типу «ВІЯ» [9–13].

На основі експериментальних досліджень процесів затримання забруднень із стічних вод на БР із завантаженням типу «ВІЯ» встановлено, що ефективність очистки з двоступінчастою схемою роботи приблизно в 1,5 рази більша, ніж при одноступінчастій схемі [15; 16].

Ґрунтуючись на описаному підході до глибокого очищення стічних вод на підприємстві АПК (м'ясокомбінаті) збудовано і введено в експлуатацію очисну станцію в Рівненській області, технологічна схема якої показана на рисунку 1 [10].

Біологічна очистка стічних вод відбувається при двоступінчастій їх обробці на аноксидному і аеробному БР. Створенню аноксидних умов для денітрифікації стічних вод сприяє вміст

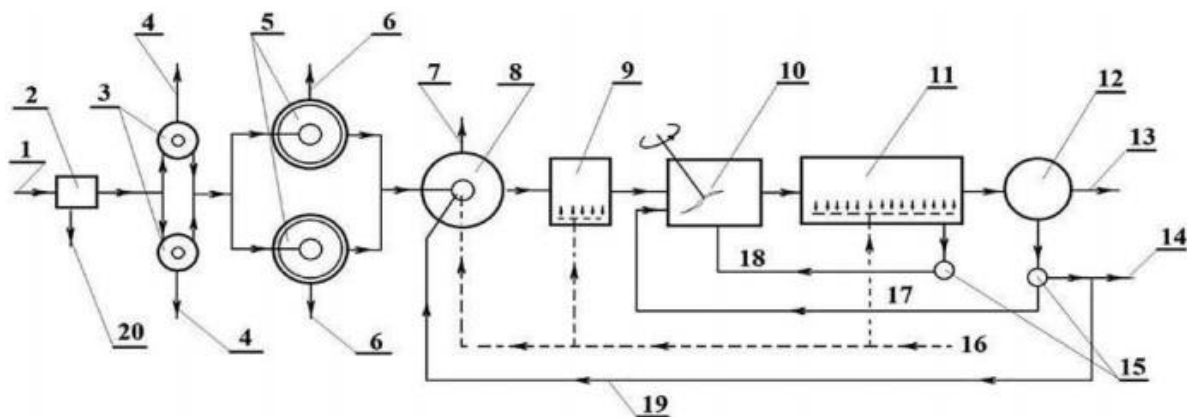


Рис. 1. Схема технології очищення стічних вод м'ясокомбінату [10]:

- 1 – подача стічних вод на очисні споруди; 2 – приймальна камера з решітками;
3 – пісковловлювачі з коловим рухом води; 4 – піщана пульпа на піскові майданчики;
5 – жироловлювачі; 6 – відведення затриманого жиру; 7 – відведення флоатційного шламу;
8 – біокоагулятор-флоататор; 9 – усереднювач із барботуванням повітрям; 10 – аноксидний біореактор; 11 – аеробний біореактор; 12 – вторинний відстійник; 13 – подача стічних вод на доочищення та знезараження; 14 – надлишковий активний мул на мулові майданчики;
15 – насос; 16 – подача повітря від повітродувної станції; 17 – зворотний активний мул із вторинного відстійника; 18 – трубопровід нітраційного рециклу; 19 – подача надлишкового активного мулу в біокоагулятор-флоататор; 20 – видалення крупнодисперсних домішок

нітритів (≤ 38 мг/дм³) і нітратів (≤ 60 мг/дм³). В аеробному БР відбувається окиснення органічних речовин аеробними мікроорганізмами при подачі в нього повітря. Доочистка стічних вод відбувається у вторинному відстійнику та при фільтруванні на установці доочистки. Осад з аеробного БР і вторинного відстійника скидається в резервуар мулової суміші, звідки подається в аноксидний БР, а далі перекачується на муловий майданчик.

Розглянута технологія має декілька недоліків:

- велика кількість надлишкового активованого мулу, що свідчить про недостатню мінералізацію присутніх у воді органічних домішок і призводить до необхідності його перекачування на мулові майданчики та значних експлуатаційних витрат;

- повернення зворотного активованого мулу в голову біологічного очищення стічних вод призводить до погіршення процесів очистки води [9];

- вторинний відстійник та фільтри установки доочищення стічних вод мають низьку ефективність очищення і призводять до збільшення капітальних та експлуатаційних витрат.

З метою підвищення ефективності очищення стічних вод на підприємствах АПК та зменшення витрат на будівництво і експлуатацію водоочисної станції пропонуються такі заходи:

- біологічні процеси очищення стічних вод при прямоточному русі їх послідовно на анаеробних та аеробних БР доповнити ще одним природним механізмом – висхідним рухом води через плаваюче фільтрувальне завантаження у КПФ, у підфільтровому просторі якого накопичується активний мул, що сприяє додатковому очищенню води, а стиснене осідання домішок призводить до їх укрупнення і випадання в осад;

- відмовитися від подачі зворотного активного мулу в голову водоочисних споруд;

- замість вторинного відстійника і установки для доочищення стічних вод застосувати КПФ із плаваючим (пінополістирольним або пінопластовим) фільтрувальним завантаженням.

Реалізація цих пропозицій показана на рисунку 2.

Стічні води після механічного очищення подаються послідовно у БР і КПФ (рис. 2).

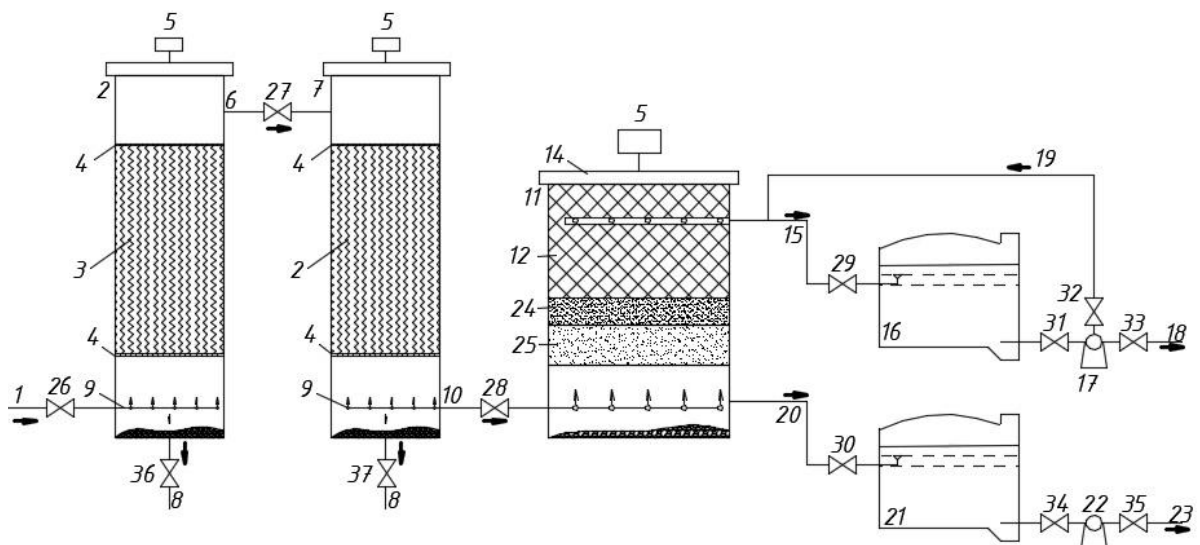


Рис. 2. Технологічна схема біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод:

- 1 – подача стічних вод після їх механічного очищення; 2 – анаеробний біореактор;
- 3 – волокнисте завантаження типу «ВІА»; 4 – колосникові решітки; 5 – повітроспускний пристрій;
- 6 – подача води в аеробний біореактор; 7 – аеробний біореактор; 8 – подача повітря;
- 9 – повітроспускна система; 10 – подача води на фільтр; 11 – контактний-прояснювальний фільтр; 12 – плаваюче пінополістирольне завантаження; 13 – ковпачковий дренаж;
- 14 – герметична кришка; 15 – відведення очищеної води; 16 – резервуар технічної води;
- 17 – насос технічної води; 18 – подача технічної води для повторного використання;
- 19 – подача технічної води для промивки фільтра; 20 – відведення осаду з фільтра;
- 21 – резервуар мулової суміші; 22 – муловий насос; 23 – подача мулової суміші на заорювання;
- 24 і 25 – мінімальна і максимальна, відповідно, кількість осаду в підфільтровому просторі фільтра; 26–37 – засівки

У БР відбувається мікробіологічне очищення господарсько-побутових стічних вод за допомогою анаеробних і аеробних мікроорганізмів, іммобілізованих на тонковолокнистому завантаженні «ВІА». Гази, що виділяються в процесі очистки, видаляються через повітровипускний елемент. У підфільтровому просторі КПФ накопичується осад з активного мулу, що приймає і очищує воду при її висхідному русі через плаваюче завантаження фільтра. Профільтрована вода збирається ковпачковим дренажем і відводиться в резервуар технічної води, звідки вона розподіляється на повторне використання.

Робота КПФ триває при зміні кількості осаду в його підфільтровому просторі відповідно від мінімальної до максимальної величини, значення яких при вибраній швидкості висхідного фільтрування води визначаються при пуско-налагоджувальних операціях на станції. Промивку КПФ здійснюють технічною водою.

Приклад застосування запропонованої технології в замкнутих системах водопостачання на підприємствах АПК наведено на рисунку 3 [17].

У зазначеній системі водопостачання на підприємстві АПК максимально використовують природні механізми очистки господарсько-побутових стічних вод від домішок із повторним використанням води і осадів при вирощуванні сільгоспкультур:

- мікроорганізми для мінералізації розчинених у воді органічних домішок;
- сили гравітації і явищ стисненого осідання завислих речовин у підфільтровому просторі КПФ;

- контактна коагуляція мікрочастинок при висхідному фільтруванні води через плаваюче завантаження та осад з активованого мулу;

- затримання значної частини завислих речовин, планктону і водоростей безпосередньо у природній водоймі при застосуванні відповідних водозабірно-очисних споруд [1];

- підготовка питної води в необхідній кількості і якості високоефективними спорудами.

Оптимальні конструктивні і технологічні параметри цих споруд визначаються по рекомендаціях, розроблених на основі проведених нами експериментальних досліджень [2; 16; 17].

Висновки. У нинішніх умовах посиленого антропогенного навантаження на водні

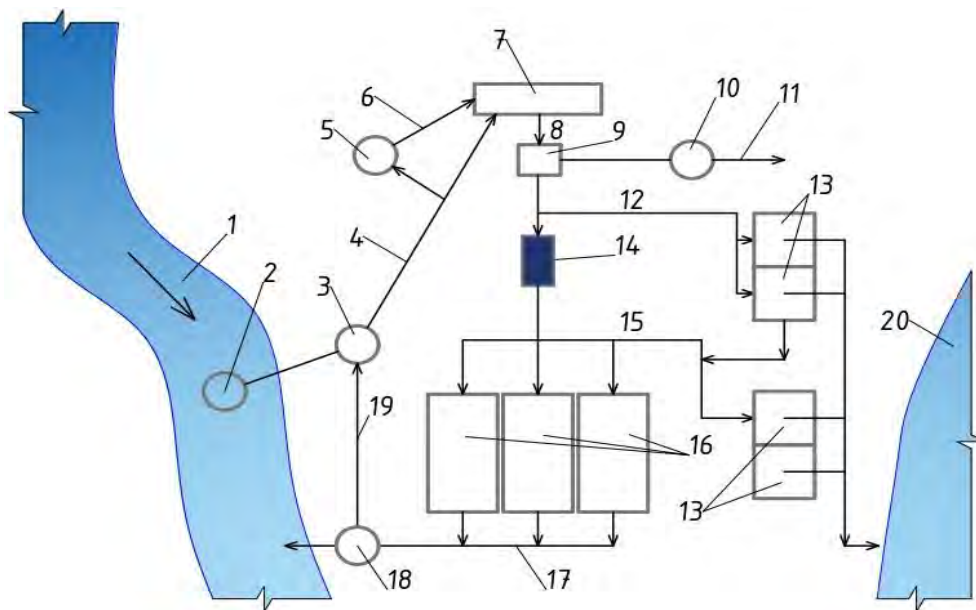


Рис. 3. Удосконалена замкнута система водопостачання на підприємствах АПК при використанні поверхневих вод:

1 – річка; 2 – фільтруючий оголовок; 3 – водозабірно-очисна споруда і насосна станція технічної води; 4 – подача технічної води; 5 – установка доочищення технічної води; 6 – подача питної води; 7 – підприємство агропромислового комплексу; 8 – скид стічних вод; 9 – споруди для механічної та біологічної очистки стічних вод; 10 – мулова насосна станція; 11 – скид осаду для заорювання; 12 – скид стоків після відстійників; 13 – поля фільтрації; 14 – установка доочищення стічних вод із біореактором і контактно-прояснювальним фільтром; 15 – скид очищених стоків на поля зрошення і поля фільтрації; 16 – поля зрошення; 17 – скид очищених стоків для повторного використання; 18 – насосна станція оборотної води; 19 – подача оборотної води для технічних цілей; 20 – біостав

ресурси, збільшенні потреб у кількості споживаної води та підвищенні вимог до її якості важливе значення має раціональне і економне витрачання води та підвищення ефективності роботи водоочисних споруд. При вирішенні цієї проблеми в ІВПіМ НААН розроблено новий напрямок щодо створення замкнених систем водопостачання на підприємствах АПК, в основу якого покладено удосконалення технологій очистки природних і стічних вод із мінімізацією забору води з природних водних джерел та повторним використанням очищених стічних вод для технічного водопостачання та зрошення, а осаду для удобрення сільгоспкультур.

Аналіз роботи існуючих станцій очищення господарсько-побутових стічних вод показав їх недосконалість, оскільки нині в стічних водах з'явилися стійкі до біорозкладу речовини (ксенобіотики, іони важких металів), що згубно діють на гідробіоти активова-

ного мулу, призводять до його «спухання» та виносу з вторинних відстійників.

Для покращення процесу біологічної очистки стічних вод традиційну технологію водоочистки з аеротенками і вторинними відстійниками слід замінити біоконвеєром з БР і КПФ, що забезпечує високу ефективність очищення води з повним окисненням розчинених органічних речовин, мінімізацією осаду та простотою експлуатації (рис. 2).

У запропонованій системі замкненого водопостачання на підприємствах АПК (рис. 3) наведено наукове обґрунтування раціонального використання води з оптимізацією очистки стічних вод при мінімізації забору свіжої води з природних джерел та захисті їх від забруднення. Подальші наукові розробки доречно виконувати в напрямку вивчення технологій і технічних рішень для повторного використання стічних вод у зрошенні та методів підготовки осадів для удобрення.

Бібліографія

1. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука, 2008. 534 с.
2. Мосейчук Я.Б., Хоружий П.Д. Очистка воды в замкнутых системах водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса // Хімія і технологія води. 2019. №4(270). С. 456–465.
3. Christiansen P., Hollesen L., Harremoes P. Liquid film diffusion of reaction rate in submergen biofilters. *Wat. Res.*, 1995. № 29(1). 947–952 p.
4. Chudova J., Dohanyos M., Wanner J. *Biologicka cistení odpadnich vod.* SNTL, 1991. 263 p.
5. Egli K., Bosshard F., Werlen C. et al. Microbial Composition and Structure of a Rotating Biological Contactor Biofilm Treating Ammonium-Rich Wastewater without Organic Carbon. *Microb Ecol* 45, 419–432 (2003). <https://doi.org/10.1007/s00248-002-2037-5>.
6. Hlavínek P., Novotný D. *Intenzifikace čistíren odpadních vod.* 2 vyd. BRNO: NOEL, 2000, 1996. 235 s.
7. Henze M., Harremoes P., Jansen C., Arwin E. *Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes*, 4th Edition. Springer, 2002. 430 p.
8. Wilsenach J.A., van Bragt W.P., de Been P., van Loosdrecht M.C. Evaluation of separate urine collection and treatment to augment existing wastewater treatment works. *Water Sci Technol.* 2005. 52(4): 71–80. PMID: 16235748.
9. Гвоздяк П.І. Біохімія води. Біотехнологія води (автомонографія). Київ: Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2019. 228 с.
10. Саблій Л.А. Ефективні технології біологічного очищення стічних вод // Міжнародний конгрес та технічна виставка «ЕТЕВК-2019». 2019. С. 174–178.
11. Саблій Л.А., Бунчак О.М., Гвоздяк П.І. Дослідження кінетики процесів біологічного очищення висококонцентрованих стічних вод шкірзаводів // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. 2010. Т. 3. № 5. С. 36–42.
12. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля // Вісник НАН України. 2003. № 3. С. 29–36.
13. Гвоздяк П.І. Микробиологія і біотехнологія очистки води: Quo vadis? // Хімія і технологія води. 1989. 9, №9. С. 854–858.
14. Гвоздяк П.І. Насадка волокнистая «ВИЯ». Технические условия 996990. Киев: ИКХХВ АН УССР. 1989. 14 с.
15. Хоружий В.П., Недашковский І.П. Біологічна очистка стічних вод з використанням капронових ниток типу «Вія» і пінопласту // Збірник наукових праць НУВГП. 2008. 1(41). С. 291–296.

16. Недашковский И.П. Исследования процессов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на установках с биореакторами и контактно-осветлительными фильтрами // Проблемы водоснабжения, водовідведення та гідравліки. 2010. 14. С. 126–136.

17. Мосейчук Я.Б. Возможности расширенного использования доочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в системах замкнутого водопользования предприятий агропромышленного комплекса // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. 2020. №2(120). С. 55–58.

References

1. Khoruzhyi, P.D., Khomutetska, T.P., & Khoruzhyi, V.P. (2008). Resursozberihayuchi tekhnolohiyi vodopostachannya [Resource-saving water supply technologies]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
2. Mosiichuk, Y.B., & Khoruzhyi, P.D. (2019) Ochistka vodyi v zamknytyih sistemah vodospazheniya na predpriyatiyah agropromishlennogo kompleksa [Water cleaning in closed water supply systems on agricultural complex enterprises]. Khimiya i tekhnolohiya vody, 4, 456–465. [in Russian]
3. Christiansen, P., Hollesen, L., & Harremoes, P. (1995). Liquid film diffusion of reaction rate in submergen biofilters. Wat. Res, № 29(1), 947–952.
4. Chudova, J., Dohanyos, M., & Wanner, J. (1991). Biologicka cisteni odpadnich vod [Biological wastewater treatment]. SNTL. [in Czech]
5. Egli, K., Bosshard, F., Werlen, C. et al. (2003). Microbial Composition and Structure of a Rotating Biological Contactor Biofilm Treating Ammonium-Rich Wastewater without Organic Carbon. Microb Ecol 45, 419–432. <https://doi.org/10.1007/s00248-002-2037-5>.
6. Hlavínek, P., & Novotný, D. (2000, 1996). Intenzifikace čistíren odpadních vod. 2 vyd. [Intensification of wastewater treatment plants. 2 ed.]. BRNO: NOEL. [in Czech]
7. Henze, M., Harremoes, P., Jansen, C., & Arwin, E. (2002). Wastewater treatment: Biological and Chemical Processes, 4th Edition. Springer.
8. Wilsenach, J.A., van Bragt, W.P., de Been, P., & van Loosdrecht, M.C. (2005). Evaluation of separate urine collection and treatment to augment existing wastewater treatment works. Water Sci Technol. 52(4): 71–80. PMID: 16235748.
9. Gvozdyak, P.I. (2019). Biokhimiya vody. Biotekhnolohiya vody (avtomonohrafiya) [Biochemistry of water. Water biotechnology (autonography)]. Kyiv: Vydavnychiy dim «Kyievo-Mohylianska akademiia». [in Ukrainian]
10. Sablii, L.A. (2019). Efektyvni tekhnolohii biolohichnoho ochyshchenniya stichnykh vod [Effective biological treatment technologies of wastewater]. Mizhnarodnyi konhres ta tekhnichna vystavka «ETE VK-2019», 174–178. [in Ukrainian]
11. hichnoho ochyshchennia vysokokontsentrovanykh stichnykh vod shkirzavodiv [Research of kinetics of processes of biological treatment of highly concentrated sewage of tanneries]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu. 5, 36–42. [in Ukrainian]
12. Gvozdyak, P.I. (2003). Za pryntsyom biokonveiera [By principle bioconveyer]. Visnyk NAN Ukrainy, 3. 29–36. [in Ukrainian]
13. Gvozdyak, P.I. (1989). Mikrobiologiya i biotekhnologiya ochistki vody: Quo vadih [Microbiology and biotechnology of water purification: Quo vadih]. Khimiya i tekhnologiya vody – Chemistry and technology of water, 9, 854–858. [in Ukrainian]
14. Gvozdyak, P.I. (1989). Nasadka voloknistaya «VIYa» [Nasadka voloknistaya «VIYa»]. Tehnicheskie usloviya 996990. Kiev: IKHHV AN USSR.
15. Khoruzhiy, V.P., & Nedashkovsky, I.P. (2008) Biolohichna ochystka stichnykh vod z vykorystanniam kapronovykh nytok typu «Viya» i pinoplastu [Biological wastewater treatment with the use of nylon threads of the type «Viya» and polyfoam]. Article in the collection of scientific works of NUVGP. 1(41), 291–296. [in Russian]
16. Nedashkovsky, I.P. (2010) Issledovaniya protsessov ochistki hozyaystvenno-byitovyih stochnyih vod na ustanovkah s bioreaktorami i kontaktno-osvetlitelnymi filtrami [Investigations of domestic wastewater treatment processes at installations with bioreactors and contact lighting filters]. Problems of water supply, drainage and hydraulics. 14, 126–136. [in Russian]
17. Mosiichuk, Y.B. (2020). Vozmozhnosti rasshirenogo ispolzovaniya doochischnnyih hozyiyastvenno-bitovyih stochnyih vod v sistemah zamknutogo vodopolzovaniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Opportunities for extended use of purified householdwastewater in closed systems water use of enterprises of the agro-industrial complex]. Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. Vodohozyaystvennoe stroitelstvo, teploenergetika i geoekologiya, 2(120), 55–58. [in Russian]

Я.Б. Мосейчук, П.Д. Хоружий, И.П. Недашковський
Совершенствование технологий замкнутого водоснабжения
на предприятиях агропромышленного комплекса

***Аннотация.** В статье проанализированы пути улучшения работы системы водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса. Отмечается, что с целью рационального и экономного расходования водных и энергетических ресурсов на данных предприятиях в Институте водных проблем и мелиорации НААН предложено направление совершенствования замкнутых систем водоснабжения путем разработки высокоэффективных технологий очистки сточных вод и повторного использования очищенных сточных вод и их осадков для технологических нужд. Показано, что традиционные технологии биологической очистки сточных вод не обеспечивают надлежащего качества их очистки, поскольку качество стоков от предприятий значительно ухудшилось вследствие поступления в них вредных примесей (ксенобиотиков, ионов тяжелых металлов и т.д.), что препятствует эффективной работе аэротенков. Научно обоснована целесообразность совершенствования технологии «биоконвеер» нисходящим фильтрованием через волокнистые загрузки в биореакторах и восходящей фильтрацией воды через плавающую фильтровальную загрузку в контактно-осветлительных фильтрах для повышения эффективности процессов очистки сточных вод. Определено, что данный метод обеспечивает высокую эффективность биологической очистки сточных вод при уменьшении количества осадков и отсутствии обратного активированного ила, а, следовательно, уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат. Предложена технология замкнутого водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса, которая предусматривает разделение воды, подаваемой потребителям, на техническую и питьевую, а также дополнение очистных сооружений канализации биореакторами и контактно-осветлительными фильтрами. В таких системах обеспечивается минимальный забор воды из природных водных источников при предварительной очистке воды непосредственно в водоеме, максимальное использование очищенных сточных вод и защита окружающей среды от загрязнения сточными водами.*

***Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, биоконвеер, биореактор, контактно-осветлительный фильтр, сточные воды.*

Y.B. Mosiichuk, P.D. Khoruzhyi, I.P. Nedahkovskiy
Improving the technology of closed water supply at agro-industrial enterprises

***Abstract.** The article analyzes the ways to improve the water supply system at agro-industrial enterprises. It is stated that the Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS proposed to improve closed water supply systems at these enterprises to spend water and energy rationally and economically by developing highly efficient wastewater treatment technology to reuse wastewater and its sediments for technological needs. It was specified that traditional technology of biological wastewater treatment do not ensure the proper treatment quality, as the quality of wastewater from enterprises has significantly deteriorated due to the inflow of harmful impurities (xenobiotics, heavy metal ions, etc.), which prevents the effective operation of aeration tanks. The practicability of improving the “bioconveyor” technology by downward filtration through fibrous loading in bioreactors and upward filtration through floating filter loading in contact and clarifying filters to increase the efficiency of wastewater treatment was scientifically substantiated. It was proved that this method provides high efficiency of biological wastewater treatment by reducing the amount of sediment and the absence of reverse activated sludge, and thus reducing capital and operating costs. The proposed technology of closed water supply at agro-industrial enterprises provides for the separation of water supplied to consumers into technical and drinking one, as well as supplements of sewage treatment plants with bioreactors and contact-clarifying filters. Such systems ensure a minimum intake of water from natural water sources having its preliminary treatment directly in water reservoir, maximum use of treated wastewater and protection of the environment against wastewater pollution.*

***Key words:** agro-industrial complex, bioconveyor, bioreactor, contact-clarifying filter, wastewater.*