

УДК 628.3

Вижевська Т. В., к.т.н., доцент, Дем'янюк К. О., студ. 4-го курсу,
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Дем'янюк О. Б.,**
головний спеціаліст (НВФ «ВЕСТАР», м. Рівне)

ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ БАГАТОСТУПЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Наведені характеристики процесів технології багатоступеневого біологічного очищення побутових стічних вод та стічних вод підприємств переробки молока та м'яса, технологічні схеми та параметри їх роботи за результатами багаторічної експлуатації.

Ключові слова: біологічне очищення стічних вод, технологічні схеми, ефективність очищення, гідравлічне навантаження, питома окислювальна спроможність.

Вирішення проблеми екологічної безпеки водних ресурсів України залежить в значній мірі від знешкодження стічних вод невеликих об'єктів з кількістю стічних вод від 50 до 200 м³/добу. Незважаючи на невелику продуктивність, такі об'єкти в цілому по країні становлять суттєву частку загального обсягу забруднених стічних вод. Очисні споруди малих об'єктів працюють в умовах дефіциту обслуговуючого персоналу відповідної кваліфікації, і вимагають тому ефективних технологій за умови максимальної надійності їх експлуатації.

Для стічних вод побутових та близьких до них за характером забруднень стічних вод агропереробних виробництв переважно застосовують біохімічну технологію їх очищення. Перспективні напрямки інтенсифікації біологічного очищення спрямовані на використання закріпленої мікрофлори, яка здатна з більшою гнучкістю та витривалістю адаптуватись до змін умов протікання процесу.

Впровадженням та дослідженням біологічних технологій очищення стічних вод з використанням реакторів з легким завантаженням уже майже чверть віку займається науково-впроваджувальна фірма «Вестар». Досвід експлуатації очисних споруд з компактними гідравтоматичними установками [1, 2] свідчить про їх ефективність, стабільність та надійність.

Біосорбційна технологія очищення води втілена у біологічних фільтрах з легким плаваючим завантаженням із закріпленою на ньому біомасою. Її ефективність обумовлена протіканням ряду технологічних

процесів: фільтрування з поступовим закупорюванням пор твердими нерозчинними частками забруднень, які затримуються у вільному просторі між гранулами завантаження; сорбція, в основному, розчинених забруднень, біоценозом біологічної плівки; біологічні ферментативні процеси деструкції органічних забруднень та накопиченої біомаси.

Слід відзначити вирішальну роль у очищенні води за вказаною технологією саме сорбційних процесів [1, 4]. За короткий час перебування у апараті, який не перевищує 20...60 хв., вода позбувається 90...95% розчинених органічних забруднень. Експериментально встановлено, що протягом 15 с до 85% розчинених органічних забруднень мігрує з води до біомаси. Аналіз біомаси, яка вимивається з фільтра, свідчить про те, що від 75 до 79% знешкоджених забруднень (за величиною БПК) залишаються неокисленими, тобто процеси біологічної деструкції не встигають завершитись за цикл роботи апарату. Величина питомої сорбції для процесу повного біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод, як свідчать розрахунки, становить 1,5...1,8 гБПК/г активної біомаси, константа розподілення 2500...3400.

Процес фільтрування практично відбувається при постійній швидкості, яка підтримується при збільшенні діючого тиску шару води, який повинен компенсувати зростання опору осаду, що накопичується між порами, яке становить 1,0...1,5 м водяного стовпа. Слід відзначити, що біомаса частково вимивається під час промивання біофільтра, а ступінь її окислення внаслідок скорочення тривалості циклу умовами фільтрування не перевищує 30%. Інтенсивність вимивання завантаження не перевищує 10 л/с на 1 м² і регулюється з урахуванням фільтрувальних властивостей та потреб збереження активності біоценозу.

Технологія біосорбційно – фільтраційного (БІОСОФ) глибокого очищення стічних вод застосовується для знешкодження органічних за природою забруднень стічних вод комунальних та агропромислових підприємств (переробки молока, м'яса, овочів тощо).

Конструкції установок, в яких реалізована технологія, розроблені фірмою «Вестар» [2, 5]. Установки заповнені модифікованим полістироловим завантаженням широкого діапазону крупності. Особливі властивості легкого завантаження: розвинена поверхня, яка сприяє нарощенню біологічної плівки, плавучість, здатність розширюватись при накопиченні біомаси та легко віддавати її надлишок при промиванні, – визначають переваги таких установок.

Раціональне поєднання біохімічних процесів, та розділення, контактної коагуляції, біологічної сорбції, деструкції, аеробних, анаероб-

них та фільтраційних явищ сприяють інтенсифікації вилучення забруднень із стічних вод. Завдяки принципу багатоступеневого очищення стічних вод досягається селекція біоценозу кожного ступеня відповідно до властивостей органічних речовин, які вилучаються.

Очисна установка компонується відповідно до якісних та кількісних показників стічних вод і може включати як потрібну кількість ступенів, так і етапи підготовки води та обробки осадів.

Для очищення **побутових стічних вод** [5] (див. рис. 1) технологія є трьохступеневою. Накопичування та усереднення стічних вод забезпечується в резервуарі-акумуляторі, який, залежно від конкретних умов, може виконувати функції попереднього відстоювання, біокоагуляції, аерації. На очисну установку стічні води подаються з постійною витратою через розподільну камеру, яка забезпечує також рециркуляцію частини очищеної води через гідравлічний регулятор витрати. Якість очищеної води відповідає вимогам скиду до водойми за БПК, яке не перевищує 3...6 мг/л. Перед скидом вода проходить знезараження, зокрема, в проточному електролізері. Можливе спрямування очищених вод у природні ставки, на підґрунтову фільтрацію, у фільтраційні канали тощо.

Обробка промивних вод полягає в їх ущільненні та анаеробній стабілізації осаду у муловій частині резервуару промивних вод протягом 30...60 діб. Стабілізований осад, кількість якого не перевищує 0,2% від обсягу стічних вод, видалається і вивозиться на захоронення. Допускається підсушування осаду на мулових майданчиках з наступним використанням його як добрива.

Ефективність біосорбційно-фільтраційної технології очищення побутових стічних вод підтверджена багаторічним досвідом роботи компактних установок продуктивністю від 12 до 2000 м³/добу на десятках об'єктів Дніпропетровської, Миколаївської, Київської, Луганської, Одеської, Полтавської, Рівненської, Сумської, Херсонської, Хмельницької областей.

Експериментально встановлено, що біосорбційні установки при очищенні побутових стічних вод ефективно працюють з гідравлічним навантаженням 18,0...36,0 м³/м² на добу. Окислювальна здатність завантаження за БПК₂₀ – від 2,3 до 4,9 кг/м³ на добу, ступінь очищення стічних вод – 95,0...97,0% за завислими речовинами, 90,0...94,5% за БПК₅. Провідна роль в очисному процесі належить першому ступеню, який забезпечує значний ефект очищення стічної води від органічних забруднень (до 50,4%), а особливо від завислих речовин (до 92,1%).

Багатоступенева гнучка технологія очищення **висококонцентрованих стічних вод агропереробних підприємств** включає

кілька стадій, а також відстоювання, флотацію, в тому числі, з додаванням реагентів, для вилучення специфічних забруднень, зокрема, жирів, волокон тощо.

Стічні води молокопереробних підприємств, які випускають молоко, масло, кисломолочну продукцію, сири м'які та тверді, характеризуються значним вмістом важкоокислюваних білків, який відображається великими значеннями БПК. Для очищення таких стічних вод впроваджена чотирьохступенева біологічна сорбційно-фільтрувальна технологія з очищенням до показників, достатніх для скиду очищеної води в міську каналізацію. З урахуванням великої нерівномірності надходження стічних вод до складу технологічної схеми (рис. 1) входить приймальний резервуар для акумулювання, усереднення стічних вод з метою рівномірної подачі їх на очищення насосною станцією та часткового прояснення загального стоку. У чотирьохступеневій гідроавтоматичній установці відбуваються процеси аноксидного, аеробного біологічного очищення стічних вод та їх доочищення фільтруванням.

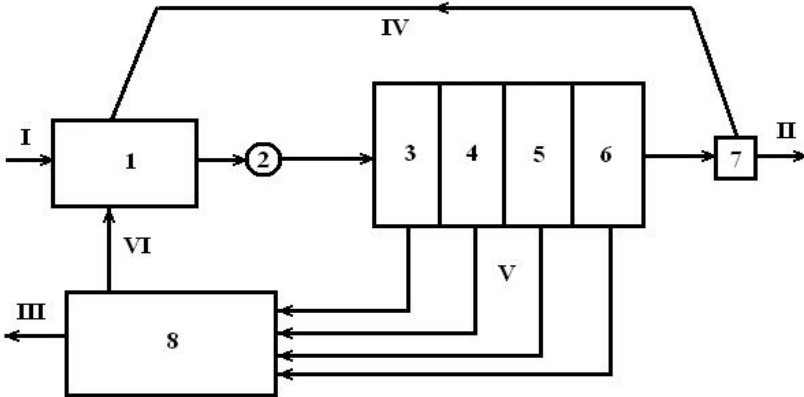


Рис. 1. Технологічна схема очищення стічних вод молокозаводів:

I – подача стічних вод; II – скид у міську каналізацію; III – видалення осадів; IV – рециркуляція стічних вод; V – скид промивних вод; VI – відведення декантату промивних вод; 1 – приймальний резервуар стічних вод; 2 – насос; 3, 4, 5, 6 – ступені очисної установки; 7 – регулятор витрати; 8 – резервуар промивних вод

Досвід експлуатації очисних споруд, які працюють на десятках молокопереробних підприємств України підтверджує, що найбільш прийнятним для біосорбційних установок є гідравлічне навантаження 25,0...32,0 м³/м² на добу. Питома окислювальна здатність завантажен-

ня за БПК₂₀ найбільша для першого ступеня, який може працювати в аноксидному або аеробному режимі, і становить від 12,6 до 24,3 кг/м³ на добу. Для інших ступенів окислювальна здатність становить: для другого 8,7...10,8 кг/м³ на добу, для третього 4,8...6,3 кг/м³ на добу, для четвертого 3,0...3,5 кг/м³ на добу.

Середня ефективність очищення стічних вод на чотирьохстадійній установці становить: за завислими речовинами 65...75%, за БПК₂₀ – 83...87%.

Показники забруднення стічних вод молокозаводів на різних стадіях очищення, виведені за результатами роботи установок на 12 об'єктах, наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Ефективність очищення стічних вод молокопереробних підприємств

Показники для стічних вод	Завислі речовини, мг/дм ³	БПК ₂₀ , мг/дм ³	ХПК, мг/дм ³
перед очищенням	350...480 450	1150...2220 1580	2170...3340 2430
після 1 ступеня очищення	170...380 280	600...1710 960	1260...2800 1730
після 2 ступеня очищення	140...320 240	450...850 550	980...1430 1120
після 3 ступеня очищення	115...300 220	290...470 310	480...880 580
після 4 ступеня очищення	100...260 150	210...290 240	300...600 370

Примітка: в чисельнику подані мінімальне та максимальне значення, в знаменнику – усереднені значення показників.

Промивні води від установок скидають у резервуар промивних вод, для ущільнення та стабілізації осаду, який видаляється з резервуара насосом. При тривалості перебування осаду в осадовій частині резервуару понад 30 діб ступінь розкладання беззольної речовини осаду сягає 25...30%, вологість осаду знижується до 94...95%. Відповідно кількість осадів, які потрібно захороняти або вивозити, не перевищує 1,25...1,65% від витрати стічних вод.

Цікавішим є випадок очищення стічних вод молокопереробних підприємств з виробництвом казеїну, які особливо важко піддаються деструкції. До технологічної схеми очищення стічних вод кислотного виробництва казеїну [6] входять резервуар-накопичувач; біореактор з легким зернистим завантаженням першого ступеня, перед яким перед-

бачене додавання вапняного молока для коригування величини рН стічної води; біореактор другого ступеня, на поверхню якого завантажують кусковий сульфат алюмінію для коагулювання високодисперсних частинок забруднень; стабілізаційний нейтралізатор з кусковим вапняком для нейтралізації очищеної води перед скидом у міську каналізацію. Ефективність зменшення концентрації завислих речовин при роботі цієї технології становила 87,0%, зниження величини БПК – 86,6%, ХПК – 92,1%.

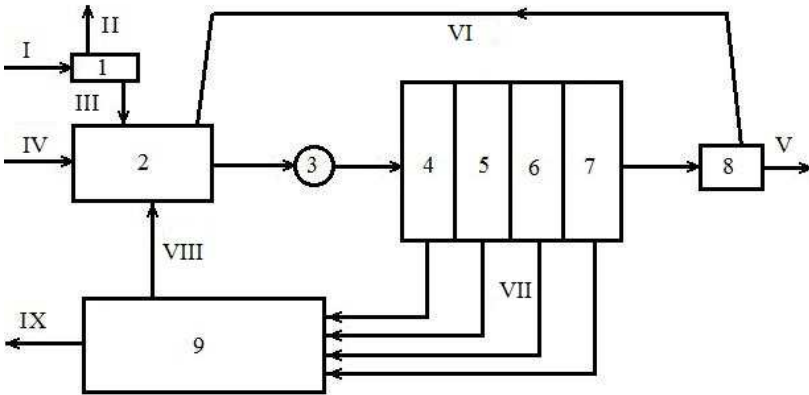


Рис. 2. Технологічна схема очищення стічних вод молокозаводів з виробництвом казеїну: I – подача казеїнових стічних вод; II – казеїн на сушіння; III – відведення казеїнових вод до резервуару; IV – загальний стік; V – скид очищених вод; VI – рециркуляція стічних вод; VII – скид промивних вод; VIII – відведення декантату промивних вод; IX – видалення осадів; 1 – відстійник казеїнових стоків; 2 – резервуар-накопичувач стічних вод; 3 – насос; 4, 5, 6, 7 – ступені очисної установки; 8 – регулятор витрати; 9 – резервуар промивних вод

Двоступеневий біореактор працює при гідравлічному навантаженні 2,1...2,5 м³/год на 1 м³ завантаження. Навантаження за органічними речовинами (за БПК₂₀) на першому ступені реактора в середньому сягало 16,5 кг/м³, на другому 5,9 кг/м³. В результаті очисного процесу утворюються осади: до 4% від витрати стічних вод в резервуарі, який містить до 150 кг/м³ казеїну, що утилізується, та до 2,4% від біологічних реакторів, який має після ущільнення вологість 96% та вивозиться.

Для молокопереробних підприємств з виробництвом казеїну за біологічною технологією, де сироватка має порівняно меншу кислотність, впроваджені очисні споруди, які базуються на біосорбційній технології

(рис. 2). Казеїнові стоки відводять окремою мережею та подають у секціонований відстійник, до при швидкості потоку до 1 мм/с відбувається виділення до 75% казеїну, який відправляють в технологічний процес і отримують як готовий продукт.

Загальний стік разом з казеїновим проходить усереднення, попереднє освітлення у резервуарі-накопичувачі, а далі з постійною витратою, яка регулюється циркуляцією води, очищується на чотирьохступеневій установці. Ступені установки працюють в режимі біологічного очищення: аноксидному (перший), аеробному (другий, третій), та режимі фільтрування (четвертий).

При гідравлічному навантаженні до $30 \text{ м}^3/\text{м}^2$ за добу, навантаження за органічними речовинами (БПК_{20}) становить в середньому для аноксидної стадії очищення до 12,5 кг/добу, для аеробних стадій 4,8... 10,7 кг/добу на 1 м^3 завантаження. Ефективність очищення стічних вод за результатами експлуатації чотирьохступеневої біосорбційної установки становить за БПК_{20} 94%, за завислими речовинами 90%. Промивні води в кількості до 1,0% від об'єму стічних вод, які містять продукти деструкції забруднень, ущільнюються і мінералізуються в анаеробних умовах протягом понад 60 діб, та з вологістю 94% спрямовуються для зневоднення на мулових майданчиках.

При наявності у стічних водах, зокрема, м'ясопереробних виробництв, великої кількості жирів та легких домішок, що спливають, технологія біосорбційного очищення стічних доповнюється додатковими процесами. Встановлено, що першим етапом очищення таких стічних вод доцільно прийняти флотацію, що дозволить вилучити основну масу жиру, волокон, вовни тощо.

Технологічна схема очищення стічних вод м'ясопереробних підприємств (рис. 3) має у своєму складі резервуар для накопичення та усереднення витрат стічних вод; двоступеневу напірну флотаційну установку; трьохступеневу очисну установку, яка має блоки фільтрування (перший), аеробного біологічного очищення (другий) та доочищення (третій). Якість очищення (табл. 2) достатня для скиду до міської каналізації, а також для доочищення в природних умовах. Зокрема, для цього використовують біологічні ставки, що дозволяє отримати якість води з нормативними показниками природних водойм.

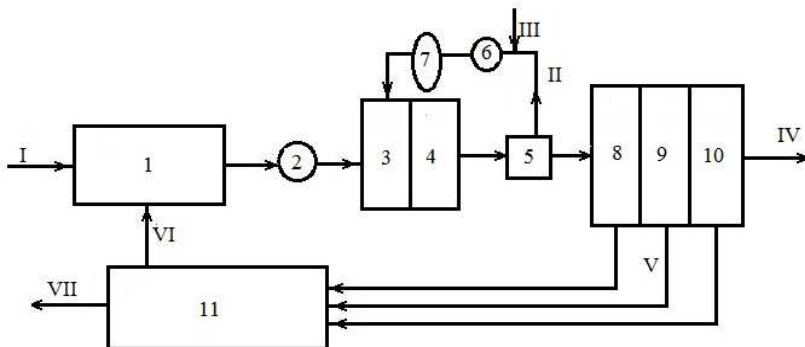


Рис. 3. Технологічна схема очищення стічних вод м'ясопереробних виробництв: I – подача стічних вод; II – рециркуляція очищеної води; Ш – підтягування повітря через ежектор; IV – скид очищених вод; V – скид промивних вод; VI – відведення декантату промивних вод; VII – видалення осадів; 1 – резервуар-накопичувач стічних вод; 2 – насос; 3, 4 – двоступенева флотаційна установка; 5 – камера відбору води на рециркуляцію; 6 – рециркуляційний насос; 7 – напірний резервуар; 8, 9, 10 – ступені очисної установки; 11 – резервуар промивних вод

Таблиця 2

Ефективність очищення стічних вод м'ясопереробних підприємств

Показники для стічних вод	завислі речовини, мг/дм ³	БПК _{повн.} , мг/дм ³	жир, мг/дм ³
перед очищенням	1200	1300	840
після напірної флотації	240	800	170
після 1 ступеня фільтрування	50	600	80
після 2 ступеня біологічного очищення	120	200	50
після 3 ступеня доочищення	50	90	30
після доочищення у біоставках	5	3	сліди

Потрібна для напірної флотації кількість розчиненого повітря забезпечується з рециркуляційною рідиною (коефіцієнт рециркуляції 0,6), шляхом підтягування через ежектор перед циркуляційним насосом та насичення у напірному резервуарі протягом 6...8 хвилин при надлишковому тиску 0,4 МПа. Флотаційний шлам має вологість 95%,

його кількість становить 4% від витрати стічних вод.

Очисна установка працює при гідравлічному навантаженні $36 \text{ м}^3/\text{м}^2$ за добу, тривалість перебування стічних вод у реакторі – понад 0,25 год. Навантаження на біореактор (другий ступінь) за БПК₂₀ в процесі експлуатації знаходилось в межах $20,5 \dots 24,9 \text{ кг}/\text{м}^3$ за добу. Загальна добова кількість промивних вод вологістю 99,5...99,7% становить до 8% від добової витрати, стабілізація протягом понад 30 діб і ущільнення дозволять зменшити їх кількість у 8...10 разів.

Наведені результати реалізації технології біосорбційно-фільтраційного очищення стічних вод на десятках об'єктів в Україні підтвердило її ефективність та спроможність забезпечити потрібну якість очищеної води. Завдяки різним схемам рециркуляції, застосуванню аноксидного та аеробного режимів технологія придатна для широкого діапазону забрудненості стічних вод і має ряд суттєвих переваг.

Зокрема, сприяють вирішенню проблеми утилізації осадів незначні (до 1,5%) їх об'єми. Технологію успішно застосовують при періодичному надходженні стічних вод. Гідравлічна автоматизація процесів фільтрування і регенерації завантаження дозволяє спростити обслуговування установок, що підвищує надійність їх роботи.

Це дозволяє рекомендувати розповсюдити досвід запровадження технології БІОСОФ для знешкодження і знезараження стічних вод побутового характеру та таких, що мають забруднення органічного походження.

1. Артамонов В. В., Вижевська Т. В. Компактні установки глибокого очищення стічних вод // Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ин-та: Вып. 2/1999(7) – Кременчуг : КГПИ, 1999. – С. 502–505.
2. Артамонов В. В., Вижевська Т. В. Технологія БІОСОФ глибокого очищення стічних вод // Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ун-та: Вып. 2/2000(9) – Кременчуг : КГПУ. – 2000. – С. 547–550.
3. Вижевська Т. В., Павленко А. Ю. Періодична технологія очищення стічних вод // Вісник РДТУ “Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво”. Зб. наук. праць. Спец. Випуск, Рівне – 1999. – С. 21–25.
4. Вижевська Т. В. Технологія багатоступеневого біологічного очищення стічних вод // “Водопостачання і водовідведення”: Київ, 2012. – Вип. 1. – С. 64–67.
5. Вижевська Т. В., Дем'янюк А. В., Дем'янюк О. Б. Досвід і перспективи впровадження технології біосорбційно-фільтраційного очищення стічних вод // Вісник УДУВГП, ч. 4. Зб. наук.праць. – Вип. 5(18). – Рівне : УДУВГП, 2002. – С. 30–37.
6. Артамонов В. В., Букербуа Н., Вижевська Т. В., Дем'янюк О. Б. Очищення стічних вод виробництва казеїну // Проблемы создания новых машин и технологий. Сб. научн. трудов Крем. гос. политехн. ун-та: Вып. 2/2001(11) – Кременчуг, 2001. – С. 535–540.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП, м. Рівне)

Vyzhevska T. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Demianyuk K. O., Senior Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne), **Demianyuk O. B., Chief Specialist** (CEF “WESTAR”, Rivne)

THE EXPERIENCE OF INTRODUCTION OF MULTISTAGE BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENT TECHNOLOGY

The characteristics of the processes of multistage biological treatment technology of domestic sewage and milk- and meat-processing enterprises sewage, the technological schemes and their working operation based on the results of many years service are observed.

Keywords: biological sewage treatment, technological schemes, treatment efficiency, hydraulic load, specific oxidizing efficiency.

Вижевская Т. В., к.т.н., доцент, Демьянюк Е. О., студ. 4-го курсу, (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Демьянюк О. Б., главный специалист** (НВФ «ВЕСТАР», г. Ровно).

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Приведены характеристики процессов технологии многоступенчатой биологической очистки бытовых сточных вод и сточных вод предприятий переработки молока и мяса, технологические схемы и параметры их работы по результатам многолетней эксплуатации.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, технологические схемы, эффективность очистки, гидравлическая нагрузка, удельная окислительная способность.
