

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Т. В. ІВАНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

М. В. КОКОШКО, студентка ОС «Магістр»

Т. В. ТАРАСЮК, студентка ОС «Магістр»

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mail: Tivanova1@ukr.net

Анотація. *Нами оцінено різні варіанти процесів аеробного біологічного очищення стічної води від нафтопереробного заводу і вимоги до якості очищених стічних вод. Проведені дослідження свідчать, що технологія CASS TM перевершує інші технології аеробного біологічного очищення з погляду загальної вартості життєвого циклу активних речовин і вирішує проблему зворотного водопостачання. Поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат для стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації. Рекомендовано для очищення стоків застосування біопрепаратів як найбільш ефективного на сьогодні способу.*

Ключові слова: *стічні води, біологічні методи очищення, мікроорганізми, аероби, анаероби, біоплівка, активний мул.*

Актуальність. Порівняно з іншими способами очищення, такими як хімічне окислення; термічне окислення, біологічне очищення застосовується в різних інтегрованих станціях очистки стічних вод та має очевидну економічну перевагу як з фінансового погляду, так і з погляду експлуатаційних витрат.

Метою дослідження є вивчення відмінностей аеробних процесів біологічного очищення стоків, що містять відходи нафтопереробної промисловості. Особливу увагу зосереджено на основних аеробних біологічних процесах очищення. Дослідження характеристик господарсько-побутових стічних вод очисних споруд великих міст Сумської області показало, що прозорість вод дорівнює 5см, слаболужна реакція – в межах рН 7,2-7,6. Інтенсивність господарсько-побутових стічних вод становить 3 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) стічних вод – 4,48-107КОЕ/мл.

Біологічне очищення є важливою і невід'ємною частиною будь-якої станції очистки стічних вод, через яку проходять стоки різних галузей народного господарства, що містять розчинні органічні домішки або суміш з двох типів джерел стічних вод.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біологічні методи застосовують для очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод від різноманітних розчинених органічних і деяких неорганічних (сірководень, аміак тощо) з'єднань. Процес очищення заснований на здатності мікроорганізмів використовувати такі речовини для харчування в процесі

життєдіяльності. Відомі аеробні та анаеробні методи біологічного очищення стічних вод.

Аеробний метод заснований на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідний постійний приплив кисню і температура в межах 20-40°C. При аеробному очищенні мікроорганізми культивуються в активному мулі або у вигляді біоплівки. Активний мул складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені бактеріями, найпростішими хробаками і водоростями. Біоплівка росте на наповнювачі біофільтра і має вигляд слизових обростань завтовшки 1-3мм і більше. Біоплівка складається з мікроорганізмів, найпростіших, грибів, дріжджів тощо.

Аеробне очищення відбувається як у природних, так і в штучних спорудах. Очищення в природних умовах відбувається на полях зрошення, полях фільтрації та біологічних ставках.

Очищення у штучних спорудах проводиться в аеротенках, метантенках, окситенках і в біофільтрах. Більше широко застосовуються аеротенки.

Аеротенки – це залізобетонні резервуари, які являють собою відкриті басейни, обладнані пристроями для примусової аерації. Глибина аеротенків – 2-5м [6]. Аеробний процес відбувається за рахунок дії бактерій родів *Paracoccus*, *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*, *Nitrobacter*, *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Halisomenobacter*, *Artrobacter*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*.

Анаеробний метод очищення протікає без доступу повітря. Його переважно застосовують для знешкодження твердих осадів, що утворюються під час механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод. Зброджування осадів стічних вод відбувається способом метанового бродіння [5]. Метантенк, метантанк – штучний резервуар великої ємності (до декількох тисяч кубічних метрів) для біологічного перероблення (так званого метанового зброджування за допомогою бактерій-мінералізаторів та інших мікроорганізмів) органічного осаду стічних вод без доступу повітря. Резервуар є герметичним ферментом із функцією перемішування, який обов'язково обладнаний газовіддільниками з протиполум'яними пастками. [6]. Ключову роль в анаеробній деградації органічних речовин до метану відіграють метанові бактерії родів *Methanosarcina*, *Methanosaeta* (*Methanothrix*), *Methanomicrobium*.

Інноваційні екобіотехнології в очищенні стічних вод. Дуже простим і давнім способом біологічного очищення стічних вод є використання звичайного септика. Навіть назва його походить від давньогрецького слова, яке в перекладі означає «гниття», тобто процес природного біологічного розкладання. У септиках передбачено застосування біопрепаратів. Біопрепарат Біоклін (Bio-IndustriesGroup, Ірландія) – це найбільш ефективний на сьогодні у світовій практиці, готовий до застосування розчин складної суміші факультативних мікроорганізмів для вигрібних ям, біотуалетів, септиків і каналізаційних мереж приватних будинків та інших об'єктів, які не мають централізованої каналізації. Препарат усуває неприємні запахи і знищує патогенні мікроби. Більше ніж удвічі зменшує обсяг, перетворюючи тверді фракції на вуглекислий газ і воду. Природне очищення вигрібної ями або септика без фізичного втручання можливе й у разі застосування біопрепарату.

Матеріали і методи дослідження. Лабораторні дослідження проводили протягом 2016-2017рр. на базі кафедри екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України, ТОВ ПАО «Завод хімічних реактивів», нафтопереробного підприємства «Нафтобаза №10» ТОВ Оранто, Шосткинського казенного заводу «Зірка»? та очисних станцій районних центрів мм. Шостки і Конотопа.

Контроль якості стічних вод. Як правило, дослідження відбувається в лабораторіях хіміко-аналітичного контролю, мета яких – контроль якості складу стічних вод підприємств міст відповідно до «Правил приймання стічних вод абонентів у систему каналізації». Проби стічної води відбирають водії-пробовідбірники. У середньому за місяць лабораторія може аналізувати 1100 проб.

Хімічний аналіз стічних вод. Підприємство, що скидає стічні води, зобов'язане контролювати їхню якість. На жаль, зовсім уникнути забруднення води неможливо, але вона має відповідати критеріям, установленим у договорі між споживачем і місцевим водоканалом або іншою організацією, відповідальною за очищення стічних вод. Хімічний аналіз виявляє присутність у стічній воді недопустимих речовин або підвищених концентрацій допустимих речовин. Аналіз стічних вод може проводитися за такими показниками: рН, хлориди, залізо, сухий залишок, мідь, нафтопродукти, хром, свинець, цинк, сульфати, зважені речовини тощо.

Аналіз якості стічних вод. Перевірка якості води також регламентована нормативно-правовими актами: органом, уповноваженим аналізувати стічні води є лабораторія, атестована в установленому порядку. Така лабораторія може бути як незалежним суб'єктом, так і частиною підприємства. Лабораторія має відповідати таким обов'язковим вимогам: має бути атестована в державній метрологічній системі, причому атестація проводиться з певною періодичністю; стічні води можна досліджувати тільки за повіреними в установленому порядку вимірювальними приладами.

Результати дослідження та їх обговорення. *Моніторинг очисних споруд та вимоги до якості очищених стічних вод.* Господарсько-побутові стічні води очисних споруд мм. Шостки і Конотопа мають прозорість до 5см, слаболужну реакцію з рН 7,2-7,6. Містять значні кількості неорганічних і органічних речовин у зваженому, колоїдному і розчиненому стані. Для господарсько-побутових стічних вод характерне значне бактеріальне забруднення. Це пояснюється тим, що населення (одна особа) щодоби виділяє 4,48-1012 мікробних тіл. Залежно від норми водопостачання для конкретної місцевості (наприклад, 100 л/добу) загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) таких стічних вод становитиме 4,48-107 КОЕ/мл. Титр бактерій групи кишкової палички (колі-титр) таких стічних вод становитиме Ю-5-10 ~ 8 КОЕ/л.

Походження, властивості і склад господарсько-побутових стічних вод. Важливим, небезпечним і майже повсюдним (за наявності каналізації) джерелом забруднення водойм є неочищені або недостатньо очищені господарсько-побутові стічні води. Результати аналізу середньодобової проби стічної рідини виявили наведені нижче концентрації забруднювачів (табл. 1).

1. Концентрації забруднювачів

Найменування показника	Значення концентрації		
	Після встановлення ґрат	Після первинних відстійників у вхідному каналі аеротенка	Вихід після контактних резервуарів
	298	324	24,0
Завислі речовини, мг/дм ³	248	225	12
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2,5	4,5	0,35
Фосфати (за Р), мг Р-Р _{О₄} /дм ³	34,6	37,3	5,6
Азот амонійний, мг N-NH ₄ /дм ³	0,35	0,3	8,9
Азот нітратів, мг N NO ₃ /дм ³	-	-	0,1

Таким чином, можна констатувати відсутність ефективності первинного відстоювання і високий винос завислих речовин зі стічної водою. Концентрація мулу в аеротенках у середньому становила 8,5г/дм³, в аеротенку в зоні регенерації – 12 г/дм³. Така висока концентрація мулу пояснюється потужним рециклом зважених речовин активного мулу з мулоушільнювачів в аеротенки, потраплянням надлишкового активного мулу з 1-ї технологічної лінії (збагаченого залізом через те, що лінія працює на стічних водах Новолипецького металургійного комбінату), виведенням аеротенка №2 під реконструкцію, обмеженою продуктивністю вузла механічного зневоднення осаду.

Варто зауважити, що стічні води в досліджуваних очисних станціях мають прозорість близько 5см, слаболужну реакцію, містять мінеральні й органічні речовини у зваженому, колоїдному і розчиненому стані. Інтенсивність запахів господарсько-побутових стічних вод – вище ніж 2 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) таких стічних вод становить 4,48-107КОЕ/мл. Титр бактерій групи кишкової палички (колі-титр) таких стічних вод становить Ю-5-10 ~ 8КОЕ/л. У стічних водах містяться яйця гельмінтів; деякі дослідники налічували їх там понад 1,5 тисячі.

За нашими даними, завдяки системі каналізації в сільських населених пунктах рівень кишкових інфекцій та інвазій у сільського населення знизився у 12-13 разів. Система каналізації в міських населених пунктах є важливим фактором містобудування, оскільки дає можливість по-новому розв'язувати питання планування і забудови міст.

Аеробні й анаеробні методи очищення. За допомогою мікроорганізмів також асимілюються органічні домішки. Кінцевими продуктами органічної асиміляції анаеробної очистки є метан, вуглекислий газ і біомаса. Рисунки 1 і 2 спрощено зображують принципи двох процесів очищення.

У таблиці 2 наведено основні відмінності цих двох процесів. З даних таблиці 2, можна зробити висновок, що неанаеробне, або аеробне, очищення краще, а поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат очищення стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації.

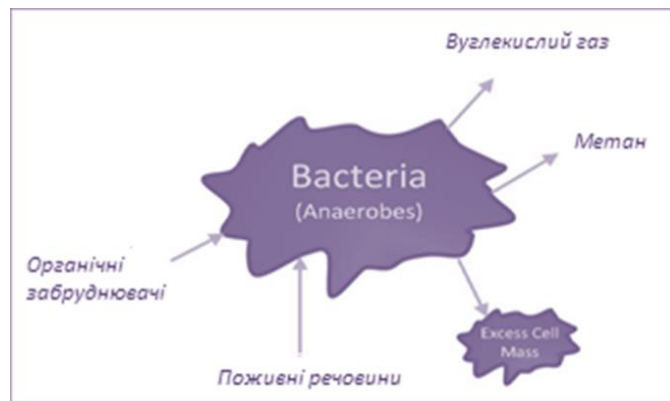


Рис. 1. Принцип аеробного очищення стоків

Технології аеробного біологічного очищення. Є безліч аеробних біологічних технологій очищення, відомих у теорії і на практиці. Однак метою нашої роботи є розгляд чотирьох біологічних способів. Після опису кожного процесу і його переваг порівняльні характеристики цих технологій зведено в таблицю. Це порівняння засноване на фактичному застосуванні очищення стічних вод для підприємств м. Шостки Сумської області, а саме: ПАО «Завод хімічних реактивів», нафтопереробного підприємства «Нафтобаза №10» ТОВ Оранто, «Звезда» Шосткинський казенний завод. Основною умовою було скидання очищених стічних вод у місцеві водойми – озера Глинівка та Хімреактив.



Рис. 2. Принцип анаеробного очищення стоків

Термін «активний» щодо мулу означає, що біомаса являє собою мікрофлору, що містить всі ферментні системи, необхідні для деградації забруднень; має поверхню з сильною адсорбційною здатністю; здатна утворювати стабільні флокули, які легко осаджуються у процесі відстоювання. Основні показники активного мулу: активний мул аеротенків має вигляд жовтувато-бурих пластівців, що містять різні види організмів; в активному мулі містяться бактерії, гриби, найпростіші, черви, коловертки тощо. Концентрація мулу залежно від типу стоків та особливостей процесу очищення перебуває в межах 1,5-5г/л.

Муловий індекс дорівнює об'єму, що його займає 1г активного мулу після півгодинного відстоювання (у перерахунку на сухі речовини). Навантаження на активний мул за органічними речовинами P , мг БПК/г.добу: $P = \text{БПК} / at$, де a – кількість активного мулу, г/л; БСК – біологічне споживання кисню, г/л; t – тривалість аерації, діб; вік мулу T , діб: $T = aV / QP$, де V – об'єм аеротенка, м³; Q –

об'єм стоків, що надходить в аеротенк, м³/добу; Р – приріст мулу, г/л. Залежно від виду стоків мул проявляє уреазну, ліполітичну, амілазну або загальну дегідрогеназну ферментативні активності.

Питома концентрація біомаси (вимірюється зваженими твердими частинками у змішаній рідині (MLSS) або летючими зваженими твердими частинками у змішаній рідині (MLVSS)) зберігається разом з достатньою кількістю розчиненого кисню (DO) концентрації (2 мг/л), щоб здійснити біодеградацію розчинних органічних домішок, виміряних у біохімічній потребі в кисні (БПК) або хімічній потребі в кисні (ХПК).

2. Основні відмінності аеробного й анаеробного очищення стічних вод

Параметри	Аеробний процес	Анаеробний процес
Принцип процесу	Мікробні реакції відбуваються в присутності молекулярного / вільного кисню. Продуктами реакції є двоокис вуглецю, вода і надлишок біомаси	Мікробні реакції відбуваються за відсутності молекулярного кисню / вільного кисню. Продуктами реакції є діоксид вуглецю, метан і надлишок біомаси
Примітка	Стічні води з низьким умістом органічних домішок (ГПК<1000 часток на мільйон), а також стічні води, які важко розкладаються, наприклад, муніципальні стічні води	Стічні води із середнім і високим умістом органічних домішок (ГПК>1000 частка на мільйон) і біорозчинні стічні води, наприклад, продукти харчування та стоки, багаті на крохмаль /
Кінетична	Відносно швидка	Відносно повільна
Вихід відходів	Відносно високий	Відносно низький (як правило, 1/5-1/10 аеробних процесів оброблення)
Води після очищення	Як правило, повна очистка або фільтрація / дезінфекція	Неодмінно з подальшим аеробним очищенням
Вартість	Відносно висока	Відносно низька з поверненням грошей
Приклад технологій	MBR, Крапельні фільтри біофільтри, BAF, MBBR IFAS	Безперервний реактор з мішалкою (UASB), реактори з високою швидкістю EGSBTM,

Висновки і перспективи. Порівняння варіантів аеробного біологічного оброблення. Було проведено детальне технічне оцінювання різних варіантів процесів аеробного біологічного очищення для стічної води від нафтопереробного заводу і вимог до якості очищених стічних вод. З огляду на це в таблиці 2 підсумовуються плюси та мінуси кожного варіанта.

На основі цих порівнянь можна зробити висновок про те, що технологія CASS TM перевершує інші технології аеробного біологічного очищення з точки зору загальної вартості життєвого циклу і повертається власнику. За результатами дослідження відмінностей між аеробними процесами біологічного очищення стічних вод, що містять відходи нафтопереробної промисловості, можна зробити наведені нижче висновки. Інтенсивність господарсько-побутових стічних вод становить 3 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) стічних вод становить 4,48-107КОЕ/мл. За нашими даними,

завдяки створенню каналізаційних систем у сільських населених пунктів рівень кишкових інфекцій та інвазій у сільського населення знизиться у 10 разів. Також дослідження показали, що неанаеробне, або аеробне очищення ефективніше, а поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат для очищення стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації.

Список використаних джерел

1. Иванова Т.В. Екологічні біотехнології: теорія і практика / М.Д. Мельничук, О.Л. Кляченко // Навчальний посібник. – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 254 с.
2. Иванова Т.В. Біологічна очистка стічних вод домогосподарств Сумської області за умов використання септиків/ Т.В. Иванова, Ю.Ю. Ільєнко // IV всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, [«Біотехнологія: звершення та надії»] 12–13 трав. 2016 р.: тези доп. – Київ, 2016. – С. 72.
3. Иванова Т.В. Біологічна очистка стічних вод домогосподарств вінницької області за умов використання септиків/ Т.В. Иванова, М.В. Кокошко // IV всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, [«Біотехнологія: звершення та надії»] 12–13 трав. 2016 р.: тези доп. – Київ, 2016. – С. 72.
4. Henze, M. Harremoës, P. Jasen, J. Arvin, E. (1997) Basic Biological Processes. In Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes. 2nd ed. (Springer-Verlag, Berlin), pp.55-112.
5. Strand, P. S. Fluorescamine assay. (Department of Biotechnology at NTNU, 2007) Tomlinson, T. Boon, A. Trotman, C. (1966) Inhibition of Nitrification in the Activated Sludge Process of Sewage Disposal. J. appl. Bact. 29 266-291.
6. Wanner, J. (1997) Microbial population dynamics in biological wastewater treatment plants. In Microbial community analysis: the key to the design of biological wastewater treatments systems. Cloete, T. Muyima, N. (Eds). (IAWQ, London), pp. 35-39.

References

1. Ivanova T.V. Ecological Biotechnology: Theory and Practice. Vinnytsya, LLC «Nilan-LTD», 2015, 254 p. (In Ukrainian).
2. Ivanova T., Il'enko Y. Biological wastewater treatment of households in the Sumy region in the use of septic tanks. *IV Allukr. Sci. Pract. Conf. Students, postgraduates and young scientists: Biotechnology: Excellence and Hope*. Kyiv, 12-13 May 2016. P. 72. (In Ukrainian).
3. Ivanova T., Kokoshko M. Biological wastewater treatment of households in the Sumy region in the use of septic tanks. *IV Allukr. Sci. Pract. Conf. Students, postgraduates and young scientists: Biotechnology: Excellence and Hope*. Kyiv, 12-13 May 2016. P. 71. (In Ukrainian).
4. Henze, M. Harremoës, P. Jasen, J. Arvin, E. (1997) Basic Biological Processes. In Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes. 2nd ed. (Springer-Verlag, Berlin), pp.55-112.
5. Strand, P. S. Fluorescamine assay. (Department of Biotechnology at NTNU, 2007) Tomlinson, T. Boon, A. Trotman, C. (1966) Inhibition of Nitrification in the Activated Sludge Process of Sewage Disposal. J. appl. Bact. 29 266-291.
6. Wanner, J. (1997) Microbial population dynamics in biological wastewater treatment plants. In Microbial community analysis: the key to the design of biological wastewater treatments systems. Cloete, T. Muyima, N. (Eds). (IAWQ, London), pp. 35-39.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В СУМСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. В. Иванова, М. В. Кокошко, Т. В. Тарасюк

Аннотация. *Нами дана оценка различных вариантов процессов аэробной биологической очистки для сточной воды от нефтеперерабатывающего завода и требований к качеству очищенных сточных вод. Проведенные исследования показывают, что технология CASS TM превосходит другие технологии аэробной биологической очистки с точки зрения общей стоимости жизненного цикла активных веществ и решает проблему оборотного водоснабжения. Сочетание двух типов технологий дает оптимальный результат для сточных вод, в которых органические примеси находятся в сравнительно высокой концентрации. В качестве рекомендации по очистке стоков мы предлагаем применение биопрепаратов как наиболее эффективного на сегодня метода.*

Ключевые слова: *сточные воды, биологические методы очистки, микроорганизмы, аэробы, анаэробы, биопленка, активный ил.*

BIOTECHNOLOGICAL FEATURES OF SEWAGE TREATMENT IN THE SUMY REGION

T. Ivanova, M. Kokoshko, T. Tarasyuk

Abstract. *We have evaluated different variants of the processes of aerobic biological treatment for waste water from the refinery, and we recommended the requirements for the quality of treated wastewater. Research shows that CASS TM technology exceeds other technologies of aerobic biological purification in terms of the total cost of the active substances life cycle and solves the problem of reverse water supply. A combination of two types of technologies that give optimum results for sewage, especially where organic impurities are in a relatively higher concentration. As a recommendation for sewage treatment, we propose the use of biopreparations as the most effective method for today.*

Keywords: *sewage, biological methods of purification, microorganisms, aerobes, anaerobes, biofilm, active sludge.*