

**ТЕХНОЛОГІЧНІ І ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ З РЕКОНСТРУКЦІЇ
КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ОЧИСНОГО КОМПЛЕКСУ м. КОЛОМІЇ**

Осадчий В.Ф., Яременко Л.В., Осадчий О.В., Соковнін В.М.

ТОВ «ТЕКОС Лтд», Київ, Україна

Перегінчук І.Т.

КП «Коломияводоканал», Україна

*Представлені основні концептуальні рішення з реконструкції,
модернізації і ретехнологізації комплексу каналізаційних очисних споруд м.
Коломії*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО
РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННОГО ОЧИСТНОГО
КОМПЛЕКСА г. КОЛОМЫЯ**

Осадчий В.Ф., Яременко Л.В., Осадчий А.В., Соковнин В.М.

ООО «ТЭКОС Лтд», Киев, Украина

Перегинчук И.Т.

КП «Коломыяводоканал», Украина

*Представлены основные концептуальные решения по реконструкции,
модернизации и ретехнологизации комплекса канализационных очистных
сооружений г. Коломыя*

**TECHNOLOGICAL AND ENGINEERING SOLUTIONS FOR
RECONSTRUCTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT AT
KOLOMYA CITY, UKRAINE**

Osadchy V.F., Yaremenko L.V., Osadchy O.V., Sokovnin V.M.

LLC “TEKOS Ltd”, Kyiv, Ukraine

Peregsnchuk I.T.

MU “Kolomyavodokanal”, Ukraine

*The main conceptual decisions on reconstruction, modernization and re-
engineering of the wastewater treatment facilities at Kolomya city are presented
in this report.*

Побудований в 1985 році комплекс споруд повної біологічної очистки господарсько-побутових, дощових та колекторно-дренажних вод м. Коломії,

згідно проекту, був розрахований на очистку **15000 м³/добу** стоків із ступенем забрудненості по завислим речовинам і БСК₅ - **350 мг/л**.

За період, що минув, відбулись кардинальні зміни кількісних і якісних характеристик стічних вод, що надходять на майданчик очисного комплексу.

Так, на теперішній час середні витрати вхідних стоків дорівнюють - **19000 м³/добу**, а концентрація їх забрудненості по завислим речовинам становить ~ **80 мг/л і 60 мг/л** по БСК₅.

Змінились також вимоги до якості очистки стічних вод (ГДС), які відповідно до європейських стандартів регламентують не тільки залишковий вміст в очищеній воді органічної складової забруднень, але і залишковий вміст сполук азоту і фосфору (табл.1).

Місце відбору проб	Показники забрудненості, мг/л						
	Завислі речов.	БСК ₅	ХСК	Загальний азот	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Вхід	67-90,0	45-75,0	120,0	-	13-17,5	-	3,0
Вихід	18-21,0	15,5-18,0	39,0	-	4,0-7,0	11,2	1,5
Нормативи ГДС	15,0	15,0	80,0	5,4*	3,0	10,0	3,5
Стандарти ЄС (еквівалент населення <100000)	15,0	15,0	70,0	15,0	-	-	6,0**

Табл. 1. Показники забрудненості вхідних і очищених на КОС м. Коломиї стічних вод (2015-2016 роки, за даними хіміко-бактеріологічної лабораторії станції), встановлені ГДС та нормативи ЄС [1].

* сумарний перерахунок форм азоту.

** сумарний перерахунок форм фосфору

В склад очисного комплексу входять наступні основні споруди:

- механізовані решітки «ЕКОТОН», прозори - 6 мм;
- горизонтальні пісколовки із круговим рухом води, D = 6,0 м, n = 2 одиниці;
- первинні радіальні відстійники, D = 24,0 м, n = 2 од.;

- *споруди біологічної очистки стічних вод* – біоокислення забруднюючих речовин стоків здійснюється в двох секціях двохступінчастих аеротенків-освітлювачів. Об'єм однієї секції аеротенків-освітлювачів складає, $W_1 = 5018 \text{ м}^3$, в тому числі, перша ступінь – 1655 м^3 , друга ступінь – 3363 м^3 . Сумарний об'єм споруд біологічної очистки становить - $\sum W = 10056 \text{ м}^3$.
- *споруди знезараження* - дезінфекція очищеної стічної води проводиться газоподібним хлором;
- *споруди обробки осадів* - для обробки утворюваних в процесі очистки стічних вод суміші осадів (осад первинних відстійників та надлишковий активний мул) передбачені споруди аеробної мінералізації, та для подальшого зневоднення та знешкодження, мулові майданчики-ущільнювачі.

Як показали обстеження, існуючі очисні споруди на теперішній час є морально та фізично застарілими.

Більшість технологічного обладнання, що використовується на очисних спорудах (устаткування з проціджування стічних вод, насосно-повітродувне обладнання, обладнання по збору і видаленню мінеральних і органічних осадів і т.д.), виготовлено в 80-90 рр., є енерговитратним і практично вже вичерпало свій проектний ресурс.

Покладена в основу роботи споруд біологічної очистки стічних вод традиційна технологія біологічної очистки не спроможна забезпечити встановлені високі нормативні вимоги якості очистки, так як розрахована на переважне видалення завислими активним мулом споживаючого кисень легко окислюваного органічного субстрату і не забезпечує можливість глибокого вилучення із стічних вод сполук азоту і фосфору.

Крім того, існуючі на станції аеротенки-освітлювачі, які відносяться до комбінованого класу споруд аеротенків-відстійників із шаром завислого мулу в зоні освітлення, при роботі в умовах різкого коливання витрат і концентрації вхідних стічних вод, не в змозі забезпечити сталість завислого шару активного мулу та запобігти його підвищеному виносу із біоспоруд, що призводить до низької концентрації активного мулу ($a_i = 1-1,1 \text{ г/л}$) в зонах реакції та освітлення аеротенків-освітлювачів і, відповідно, недостатньої якості очистки.

Низька концентрація забрудненості вхідних на біоспоруди стічних вод, також не дозволяє підтримувати сталий шар завислого мулу в зоні освітлення аеротенків.

Все це обумовило необхідність проведення заходів з реконструкції, модернізації, та ретехнологізації каналізаційного очисного комплексу м. Коломиї з метою забезпечення його надійної та сталої роботи, та забезпечення встановлених високих нормативів якості очистки стічних вод як від органічних забруднюючих речовин, так і від сполук азоту і фосфору.

Розроблений фірмою «ТЕКОС Лтд» в 2017 р. «Проект реконструкції каналізаційних мереж та очисних споруд м. Коломиї», запровадив наступні заходи з інтенсифікації і оптимізації роботи споруд очисного комплексу:

1. Блок споруд механічної очистки.

- для модернізації споруд по видаленню грубодисперсних домішок із стічної рідини передбачена заміна старого амортизованого устаткування на сучасні двохступінчасті механічні решітки тонкої очистки із розміром прозорів 6 мм;

- для інтенсифікації роботи споруд по видаленню із стоків тяжких мінеральних домішок передбачено здійснити переобладнання існуючих горизонтальних пісколовочок із круговим рухом води в аеровані піскоуловлювачі, що забезпечують високу ефективність (> 95%) видалення із стічної рідини часточок піску діаметром 0,125 ÷ 0,16 мм. Застосування в технологічній схемі очистки стічних вод аерованих піскоуловлювачів, забезпечить ефективну і надійну роботу всіх реконструйованих споруд, а в подальшому (в перспективі), споруд механічного зневоднення каналізаційних осадів;

- при низьких показниках концентрації завислих речовин в вхідних стічних водах, первинні відстійники, як правило не використовуються. Але зважаючи на різкі коливання витрат стічних вод в періоди дощу, вирішено залишити первинні відстійники в технологічній схемі очистки переважно в якості буферних, і при необхідності, розподільних ємностей. Передбачена заміна амортизованого обладнання первинних відстійників.

2. Блок споруд біологічної очистки стічних вод.

- для ефективного і надійного забезпечення встановлених високих стандартів по комплексному видаленню із стічних вод органічних забруднюючих речовин, сполук азоту і фосфору, що є навіть більш «жорсткими» ніж стандарти ЄС, передбачено впровадити на КОС шляхом ре технологізації і реконструкції, біотехнологію нітри-денітрифікації, яка базується на чергуванні в спорудах біоочистки анаеробних і аеробних зон та внутрішньою рециркуляцією муловодяної суміші між цими зонами.

Аналіз існуючих технологічних схем нітри-денітрифікації, а саме: A²/O, VIP, UST- процес (Кейптаунський Університет), Bardenpho (5-stage), Ludzak-Ettinger, METEOR- процес (із завантаженням біореакторів інертними носіями мікрофлори) тощо, та вітчизняного досвіду в цій галузі показав, що для умов КОС м. Коломиї, найбільш доцільним є впровадження модифікованого Ludzak-Ettinger-процесу, що реалізується в спорудах біоочистки шляхом чергування аноксидної та аеробних зон та із застосуванням в зонах аерації комбінації завислих і іммобілізованих на інертних носіях культур мікроорганізмів (комбінація завислих і іммобілізованих на біоносіях мікробних ценозів необхідна для утримання в умовах низької концентрації стоків активного біоматеріалу в системі).

Проведення процесу нітри-денітрифікації в умовах комбінації в зоні аерації аеротенків завислих та іммобілізованих на інертних пластмасових носіях культур мікроорганізмів, сприяє інтенсифікації процесів нітри-денітрифікації, скороченню об'ємів споруд, ще більшому скороченню питомих витрат повітря та приросту надлишкового мулу, що, в свою чергу, обумовлює також скорочення енерговитрат [2, 3, 4].

Так, застосування інтенсивної і енергоощадної біотехнології нітри-денітрифікації із концентруванням біомаси дозволило скоротити необхідний для реконструкції об'єм існуючих біоспоруд на **3310 м²**.

Для цього проектом передбачається переобладнання в двох секціях тільки других ступенів аеротенків-освітлювачів, в чотирьох коридорні біореактори нітри-денітрифікатори.

Біореактори мають конфігурацію витиснювачів із насосними рециклами.

При цьому, стічні води після первинних відстійників і циркуляційний активний мул будуть надходити в перший коридор біореактора, що буде обладнаний мішалками і виконувати функцію аноксидної зони.

Другий, третій та четвертий коридори біореактора будуть виконувати функцію аеробних зон і, відповідно із цим, обладнуються сучасними системами аерації.

В аеробних зонах передбачено також розміщення інертних носіїв іммобілізованого біоценозу та сітчастих пристроїв для утримання біозавантаження в зонах розташування.

В якості носія прикріпленого біоценозу використовується інертний завантажувальний матеріал - об'ємні пластмасові елементи заводського вироблення «ОПЕТ» марки ЦСП [5] від вітчизняного виробника (рис.1).



Рис. 1. Завантаження «ОПЕТ» марки ЦСП

Передбачена внутрішня рециркуляція муловодяної суміші із останнього коридору в перший за допомогою сучасних енергозберігаючих заглиблених насосів. Коефіцієнт внутрішньої рециркуляції, $K=0,7$.

- Для ефективного розподілу фаз в муловодяній суміші, що виходить із біореактора, проектом передбачено будівництво двох радіальних відстійників удосконаленої конструкції [6].

Як відомо, негативним явищем, притаманним технології нітри-денітрифікації із завислим активним мулом, є утворення на поверхні вторинних відстійників шару з відмерлих часточок анаеробного активного мулу, що обумовлюється різкими змінами в біосистемі умов життєдіяльності бактерій (кисневими і субстратними) при чергуванні в спорудах біоочистки аеробних та анаеробних зон.

Крім того, у вторинних відстійниках спостерігається флоатація, або спливання часточок мулу на поверхню при недостатній денітрифікації, що призводить до відновлювання в об'ємі відстійників нітритів і нітратів до газоподібного азоту [3].

Застосування для цих умов традиційних вторинних радіальних відстійників не забезпечує оптимальні умови розподілу фаз муловодяної суміші після споруд нітри-денітрифікації, що призводить до попадання завислих часточок відмерлого та спливаючого мулу у освітлені стоки і супроводжується вторинним забрудненням очищеної води.

При використанні для реалізації біотехнології нітри-денітрифікації споруд біоочистки із комбінацією завислих і іммобілізованих на інертних носіях мікробних ценозів, аеробні та анаеробні умови в цілому в біосистемі виникають як за рахунок улаштування в об'ємі аеротенків аеробних зон і зон із дефіцитом кисню, так і за рахунок утворення в товщі біологічної плівки зон із різним кисневим наповненням.

Застосування біоносіїв в аеробній зоні аеротенків окрім підвищення концентрації біомаси і, відповідно, окислювальної здатності споруд, дозволяє продовжити і поглибити процеси денітрифікації також і в аеробній зоні і знизити ризики флоатації часточок мулу у вторинних відстійниках.

Комбінація завислих і прикріплених біоценозів сприяє також покращенню ефективності перебігу процесів мулорозподілу у спорудах вторинного відстоювання за рахунок того, що у вторинні відстійники надходить суміш завислого мулу і відторгнутої біоплівки, седиментаційні властивості якої, як відомо [6], дуже добрі.

Для підвищення ефекту затримання завислих і спливаючих речовин при процесах мулорозподілу в біотехнологіях нітри-денітрифікації (як при застосуванні в біосистемах тільки завислих активних мулів, так і комбінації завислих і іммобілізованих культур мікроорганізмів), фірмою «ТЕКОС Лтд» розроблена удосконалена конструкція вторинного радіального відстійника (Патент №99157).

Нова модифікація вторинного радіального відстійника має оригінальну систему по збору і відводу осідаючих і спливаючих мулів, та дозволяє покращити коефіцієнт використання об'єму відстійника в середньому на 15%.

В новій конструкції вторинного відстійника передбачена також можливість автоматичного контролю щільності вилучаємого мулу і, в залежності від показників щільності мулу, здійснюється автоматичне регулювання швидкості обертання мулососу, що в цілому забезпечує економію електроенергії на 10 – 14%.

3. Блок знезараження очищених стоків.

- З метою технологічної та екологічної безпеки, для знезараження стічних вод передбачається установка електролізерів, а в якості хлор агенту – використання гіпохлориду натру.

4. Блок споруд обробки каналізаційних осадів

- Для обробки утворюваних в процесі очистки стічних вод суміші осадів (осад первинних відстійників та надлишковий активний мул) вологістю ~ 96,5 %, передбачено використання існуючих споруд аеробної мінералізації, та для подальшого зневоднення та знешкодження - реконструйовані мулові майданчики-ущільнювачі. В подальшому передбачається впровадження на станції споруд механічного зневоднення осадів шляхом реагентного центрифугування та їх знешкодженням на компостних майданчиках.

При узгодженні із органами санітарного нагляду, доцільно розглянути можливість використання його для вирощування технічних культур, декоративних кущів та квітів (можливо також розглянути інші методи обробки, знешкодження, депонування та/або утилізації каналізаційних осадів).

Проект реконструкції передбачає обов'язкове відновлення всіх залізобетонних конструкцій, заміну насосно-повітродувного обладнання на нові повітродувні агрегати із регульованою продуктивністю в залежності від показників датчика концентрації кисню в зоні нітрифікації аеротенків, та застосування сучасної контрольної-вимірювальної апаратури.

Сучасне повітродувне обладнання характеризується також збереженням високого КПД в діапазоні 100-45%- ної потужності витрат.

Заміна застарілого насосно-повітродувного обладнання на сучасне енергозберігаюче обладнання дозволить суттєво підвищити надійність роботи очисних споруд і знизити енергоспоживання.

На теперішній час, на майданчику КОС м. Коломиї відбуваються роботи з реконструкції, модернізації, та ретехнологізації споруд каналізаційного очисного комплексу згідно інженерних і технологічних рішень, прийнятих Проектом Реконструкції.

Так, вже завершуються заходи з реконструкції і модернізації приймальної камери, розподільчої камери, піскоулавлювачів, первинних відстійників, першої секції біореактора-денітрифікатора, тощо (Рис. 2).



Рис. 2. Переобладнання аеротенка-освітлювача в біореактор нітриденітрифікатор

Впровадження на КОС м. Коломиї шляхом реконструкції, модернізації та ретехнологізації сучасних енергозберігаючих технологічних прийомів та обладнання дозволить, після реалізації всіх заходів, забезпечити сталу і надійну експлуатацію споруд очисного комплексу та отримання високих показників якості очистки стоків згідно встановлених ГДС.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Директива Совета Европейского Сообщества от 21 мая 1991 г. // Об очистке городских стоков (91/271/ЕЕС).
2. ДБН В.2.5.-75: 2013 «Каналізація.Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування»;
3. Технический справочник по обработке воды. – «ДЕГРЕМОН», СПб.: «Новый журнал», 2007. – 1696 с.
4. Осадчий В.Ф., Яременко Л.В., Осадчий А.В., Шкинъ А.М. Эффективность применения комбинированной биотехнологии с использованием взвешенных и прикрепленных культур микроорганизмов на канализационных очистных сооружениях г. Чернигова. // Сб. докл. конференции Межд. водной ассоциации (IWA) «Водоподготовка и очистка сточных вод насел. мест в XXI веке: Технологии, Проектные решения, Эксплуатация станций» (2 – 4 июня 2010 г., Россия, Москва). – М.: ЗАО «Фирма Сибико Интернэшнл», 2010.
5. Патент України № 126049. Насадка для іммобілізації мікроорганізмів в біотехнологіях очистки стічних вод.
6. Осадчий В.Ф., Яременко Л.В., Осадчий А.В., Соковнін В.М. Проблеми вторинного відстоювання стічних вод в біотехнологіях нітри-денітрифікації - «Водопостачання і водовідведення», №6, 2015.

Відомість про авторів

Осадчий Віктор Федорович. Голова правління ТОВ «ТЕКОС Лтд»,
03115, Україна, Київ, вул. Котельнікова, 25, тел./факс (044) 450 79 62, Email:
tekos@ukr.net



Рис. 1. Завантаження «ОПЕТ» марки ЦСП



Рис. 2. Переобладнання аеротенка-освітлювача в біореактор нітриденітрифікатор