

На правах рукопису

ПРОЦЕНКО Сергій Борисович
АЕРОТЕНКИ З ГЛИБИННОЮ
АЕРАЦІЄЮ

(05.23.04 - водопостачання, каналізація,
будівельні системи охорони водних ресурсів)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Українському інституті інженерів водного господарства (м. Рівне).

Науковий керівник - кандидат технічних наук,
професор **О. П. СИНЬОВ**

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор, академік Академії
інженерних наук України
М. І. КУАЙКОВ

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
М. І. НЕВЗОРОВ

Провідна організація (підприємство): державний
проектний інститут "Рівнеагропроект" (м.Рівне)

Захист відбудеться "27" березня 1995 р. о 14 годи-
ні на засіданні спеціалізованої вченої ради К 17.01.01
Українського інституту інженерів водного господарства за
адресою: Україна, м.Рівне, вул. Соборна, 11.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотечі Ук-
раїнського інституту інженерів водного господарства.

Ваш відгук в двох примірниках просимо надіслати за
адресою: 266000 Україна, м.Рівне, вул.Соборна, 11,
УІІВГ, Вчена рада.

Автореферат розісланий "25" лютого 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

В. М. СІВАК

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00777438 (-)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Вирішення проблеми охорони і раціонального використання водних ресурсів вимагає невідкладної розробки та прискореного освоєння нових високоефективних методів і споруд для біологічної очистки стічних вод. Основними завданнями подальшого вдосконалення біологічної очистки є підвищення окислювальної потужності біоокислювачів, скорочення витрат електроенергії, зменшення об'ємів осаду та території, яку займають очисні споруди, підвищення надійності і стійкості їх роботи в широкому діапазоні зміни витрат та складу стічних вод, зменшення шуму і забруднення атмосфери.

Ефективним рішенням вищевказаних завдань може бути застосування в аеротенках глибинної аерації мулової суміші, яка здійснюється в свердловинах або шахтах глибиною 50-150 м шляхом безперервної циркуляції водоповітряної суміші у вигляді низхідного та висхідного потоків.

Мета і задачі роботи. Мета досліджень полягала в розробці раціональної технології біологічної очистки стічних вод в аеротенках з глибинною аерацією та у визначенні оптимальних конструктивних і технологічних параметрів, що забезпечують практичну можливість проектування, будівництва і експлуатації очисних споруд з такими аеротенками. В зв'язку з цим було необхідно:

- вивчити закономірності гідродинамічних і масообмінних процесів, що відбуваються при глибинній аерації;
- розробити та провести дослідження технологічних схем очисних споруд з аеротенками з глибинною аерацією;
- визначити ефективність і технологічні параметри процесу біологічної очистки стічних вод в таких аеротенках та виконати їх техніко-економічну оцінку;

- розробити методики розрахунку і конструювання аеротенків з глибинною аерацією.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- доведено можливість та доцільність застосування аеротенків з глибинною аерацією для біологічної очистки міських і промислових стічних вод;

- визначено основні технологічні параметри процесу біологічної очистки стічних вод в таких аеротенках;

- встановлено основні закономірності та розроблено математичну модель процесу глибинної аерації, на основі якої складено алгоритм та програму розрахунку системи;

- отримано емпіричне рівняння для визначення загального об'ємного коефіцієнту масопередачі кисню при глибинній аерації;

- вивчено вплив конструктивних і технологічних параметрів процесу глибинної аерації на його ефективність та виявлено оптимальні значення цих параметрів;

- отримано апроксимуючі рівняння для наближеного розрахунку основних масообмінних характеристик системи глибинної аерації.

Практична значимість роботи. Розроблено нову високо-коелективну технологію біологічної очистки стічних вод в аеротенках з глибинною аерацією, яка дозволяє скоротити капітальні та експлуатаційні витрати, знизити енергоємність процесу, підвищити окислювальну потужність аеротенків, інтенсифікувати процес муловідділення, підвищити стійкість активного мулу до коливань концентрацій забруднень в стічних водах та до надходження токсичних речовин, знизити його приріст та покращити седиментаційні властивості, зменшити об'єм осаду. Розроблено методику розрахунку і запропоновано практичні рекомендації щодо проектування та конструювання таких аеротенків.

Практична реалізація. Результати роботи використано при розробці проектів станції біологічної очистки комунально-побутових стічних вод потужністю 100 м³/доб в с.Чудель Рівненської області (КДПВІ "Рівнеагропроект") та очисних споруд Маніковецького спиртзаводу продуктивністю 1650 дал спирту на добу (Київське ПКБ НВО "Харчові добавки"). Очікуваний економічний ефект в базових цінах 1984 року становить відповідно 4.6 та 18.3 тис.крб/рік.

Апробація роботи. Загальні положення роботи доповідались та були обговорені на: обласній наук.-техн. конференції "Інтенсифікація процесів очистки природних і стічних вод", м.Ростов-на-Дону, 1987 р.; наук.-практ. конференції "Підвищення ефективності роботи системи водопостачання і водовідведення населених місць і промислових підприємств", м.Рівне, 1988 р.; 3-ій республіканській наук.-техн. конференції "Замкнуті технологічні системи водокористування і утилізації осадів промислових стічних вод", м.Кишинів, 1990 р.; всесоюзному наук.-техн. семінарі "Удосконалення технологічних процесів на станціях аерації з доведенням якості очистки до вимог рибогосподарських водойм", м.Калінін, 1990 р.; республіканській наук.-практ. конференції "Удосконалення систем водопостачання, водовідведення і очистки стічних вод", м.Рівне, 1990 р.; наук.-техн. конференції, м.Рівне, 1992 р. Результати роботи були представлені на ВДНГ України в 1990 р.

Публікації. По результатах роботи опубліковано 8 друкованих робіт загальним обсягом 0.5 авторського аркушу, отримано три авторських свідоцтва на винахід.

Обсяг роботи. Роботу викладено на 187 стор. друкованого тексту. Вона складається з передмови, семи роз-

ділів, списку літератури з 168 найменувань, 4 додатків і містить 11 таблиць та 34 рисунки.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі розглянуто принцип роботи і техніко-економічні показники системи глибинної аерації, виконано аналіз світового досвіду її використання, результатів досліджень і методів математичного опису.

Показано, що завдяки тривалому контакту повітряних бульбашок з водою (3-5 хв) в умовах високого гідростатичного тиску (до 0.5-1.5 МПа) і значної турбулізації середовища, обумовленої як порівняно великими швидкостями двофазного потоку (1-2 м/с), так і відносним рухом фаз, система глибинної аерації характеризується високими значеннями ефективності (3-6 кг O_2 /(кВт*год)), окислювальної спроможності (0.5-10.0 кг O_2 /(м³*год)) та міри використання кисню повітря (до 90%).

Розглянуто основні конструкції шахтних аеротенків, в яких використовується принцип глибинної аерації мулової суміші, і результати роботи дослідних та виробничих установок з цими спорудами, яких на даний час в світі існує біля 35. Проаналізовано їх переваги та недоліки.

Зазначено, що в порівнянні з традиційними шахтні аеротенки відрізняються значно більшою окислювальною потужністю, здатні працювати без попереднього первинного відстоювання стоків, займають меншу площу і дозволяють скоротити капітальні та експлуатаційні витрати на очистку. Особливі умови формування активного мулу при глибинній аерації, які характеризуються циклічними змінами тиску, великими концентраціями розчиненого в муловій суміші кисню (до 20-40 мг/л) і значною турбулізацією та гомогенізацією середовища, інтенсифікують процеси біохімічного окислення забруднень, покращають седиментаційні

властивості активного мулу, зменшують його приріст та підвищують стійкість до коливань концентрацій забруднюючих речовин в стічних водах, що надходять на очистку.

Вказано, що широке практичне застосування глибинної аерації стримується через ще недостатній рівень науково-технічних знань в цій галузі та відсутність достатньо повної теорії біохімічних, масообмінних і гідродинамічних процесів, які відбуваються при глибинній аерації, а також багатьох необхідних відомостей і чітких конкретних рекомендацій щодо розрахунку, конструювання та експлуатації цієї системи. Багато конструктивних і технологічних рішень не мають під собою достатнього інженерного обґрунтування, в зв'язку з чим великі потенціальні можливості глибинної аерації використовуються на сучасному етапі лише в незначній мірі.

В другому розділі приведено обґрунтування обраного напрямку, визначено мету, основні завдання і методику виконання досліджень.

Зазначено, що шахтним аеротенкам поряд з їх значними перевагами властиві також деякі істотні недоліки. Зокрема, процеси насичення мулової суміші киснем та біохімічного окислення забруднень відбуваються в цих спорудах одночасно під час циркуляції суміші в шахті. Проте це є недоцільним, оскільки швидкість розчинення кисню при глибинній аерації в десятки разів перевищує швидкість його споживання активним мулом. Внаслідок цього окислювальна спроможність системи аерації виявляється значно більшою за окислювальну потужність шахтного аеротенка як біохімічного реактора. Це призводить до невідповідного збільшення об'єму підземної частини і, відповідно, великої собівартості та складності будівництва цих споруд.

Таким чином, завдання роботи полягало в пошуку оптимальних шляхів реалізації переваг глибинної аерації в такій технології і в таких конструкціях аеротенків, які б одночасно з високою ефективністю та низькою енергоємністю відзначались достатньою простотою, низькою будівельною вартістю та високою надійністю.

Було визначено, що ефективним рішенням сформульованої задачі може бути окреме здійснення процесів глибинної аерації мулової суміші та біохімічного окислення забруднень, що містяться в стічних водах. При цьому підземна частина аеротенка (шахта) буде використовуватись тільки для насичення мулової суміші киснем, а споживання розчиненого кисню відбуватиметься головним чином в розташованому на поверхні землі оголовку.

Для вирішення поставлених завдань було обрано наступну методику:

- теоретичний аналіз літературних даних;
- розробку математичної моделі процесу;
- експериментальні дослідження по визначенню масообмінних характеристик системи глибинної аерації;
- дослідження залежності техніко-економічних показників глибинної аерації від конструктивних і технологічних параметрів на математичній моделі процесу та встановлення оптимальних значень цих параметрів;
- визначення основних технологічних параметрів і ефективності процесу біологічної очистки стічних вод в аеротенках з глибинною аерацією на експериментальній напіввиробничій установці;
- техніко-економічний аналіз результатів досліджень, формулювання висновків і пропозицій.

В третьому розділі виконано теоретичні дослідження основних закономірностей процесу глибинної аерації.

Встановлено, що гідродинамічні і масообмінні процеси при глибинній аерації описуються системою п'яти диференціальних рівнянь з п'ятьма невідомими, які виражають зміну тиску, об'ємного газомісту, приведеної швидкості газової фази і концентрацій компонентів повітря в рідкій та газовій фазах по висоті низхідного та висхідного потоків:

$$\frac{dp}{dz} = a_1 \rho_p g (1 - \varphi) - \rho_p u_p^2 \frac{d}{dz} \left(\frac{1}{1 - \varphi} \right) - \frac{4\tau_{cp}}{D},$$

$$\frac{d\varphi}{dz} = \left[\frac{u_r}{\varphi^2} + N a_1 v_{\infty} (1 - \varphi)^{N-1} \right]^{-1} \left(\frac{1}{\varphi} - C_0 \right) \frac{du_p}{dz},$$

$$\frac{d}{dz} \left[u_p x_n - D_p (1 - \varphi) \frac{dx_n}{dz} \right] = K_L a_n \left(\frac{py_n}{He_n} - x_n \right) - b_n (1 - \varphi) r,$$

$$\frac{d}{dz} \left[u_p p y_n - D_r \varphi \frac{d(py_n)}{dz} \right] = - \frac{RT}{m_n} K_L a_n \left(\frac{py_n}{He_n} - x_n \right),$$

$$\frac{d}{dz} \left(u_p p - D_r \varphi \frac{dp}{dz} \right) = - \sum_{n=1}^N \frac{RT}{m_n} K_L a_n \left(\frac{py_n}{He_n} - x_n \right).$$

де p - тиск, Па; z - вертикальна координата, м; a_1 - коефіцієнт напрямку потоку; i - індекс потоку; ρ_p - густина рідини, кг/м³; g - прискорення сили тяжіння, м/с²; φ - об'ємний газоміст; u_r і u_p - приведені швидкості газу і рідини, м/с; τ_{cp} - коефіцієнт тертя, Н/м²; D - гідравлічний діаметр каналу, м; C_0 - параметр розподілу, що враховує нерівномірність газомісту і швидкості рідини по перетину потоку; v_{∞} - швидкість виринання поодинокі газової бульбашки, м/с; N - показник степені, 1.39; x_n - концентрація n -го компонента в рідкій фазі, кг/м³; y_n - мольна частка n -го компонента в газовій фазі; He_n - кон-

станта Генрі для n -го компоненту, $\text{Па}\cdot\text{м}^3/\text{кг}$; m_n - молекулярна маса n -го компоненту, $\text{кг}/\text{моль}$; K_{La_n} - загальний об'ємний коефіцієнт масопередачі n -го компоненту, с^{-1} ; b_n - коефіцієнт участі n -го компоненту в біохімічних процесах; r - швидкість споживання кисню активним мулом, $\text{кг}/(\text{м}^3\cdot\text{с})$; R - універсальна газова постійна, $\text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$; T - температура, К ; D_p і D_g - коефіцієнти осьової дисперсії для рідкої і газової фаз, $\text{м}^2/\text{с}$.

Розрахунок глибинної аерації шляхом вирішення системи приведених диференціальних рівнянь вимагає складних ітераційних обчислень і може бути виконаний тільки з використанням електронно-обчислювальних засобів. Запропоновано алгоритм розрахунку системи глибинної аерації, який було реалізовано на алгоритмічній мові Фортран-IV для використання на ЕОМ серії ЕС.

Розроблено метод наближеного гідравлічного розрахунку системи глибинної аерації, який може застосовуватись для орієнтовного визначення втрат напору в шахті та при доборі такого технологічного обладнання аеротенків з глибинною аерацією, як насоси, газодувки, ежектори тощо.

В четвертому розділі приведено результати експериментальних досліджень, метою яких було визначення масообмінних характеристик системи глибинної аерації.

Ці дослідження було виконано з використанням хемосорбційного методу на експериментальній установці (рис. 1), що включала шахту 4 глибиною 60 м і діаметром 250 мм з центральною трубою 3 діаметром 100 мм.

Водопровідну воду після коректування її температури і введення розчину сульфату натрію та хлориду кобальту з резервуару 1 насосом 2 подавали в центральну трубу 3 шахти 4. Витрати рідини вимірювали за допомогою лічильника води 5, який було встановлено на напорному тру-

бопроводі насосу 2. Водоповітряний ежектор 6, розміщений в верхній частині центральної труби 3, підсмоктував в потік рідини атмосферне повітря, витрати якого регулювали за допомогою вентиля 7 і вимірювали за допомогою лічильника газу 8. Кількість кисню, що розчинився в рідині під час проходження водоповітряної суміші в каналах шахти, визначали по різниці концентрацій сульфит-іону у воді в верхніх частинах нижнього та висхідного каналів.

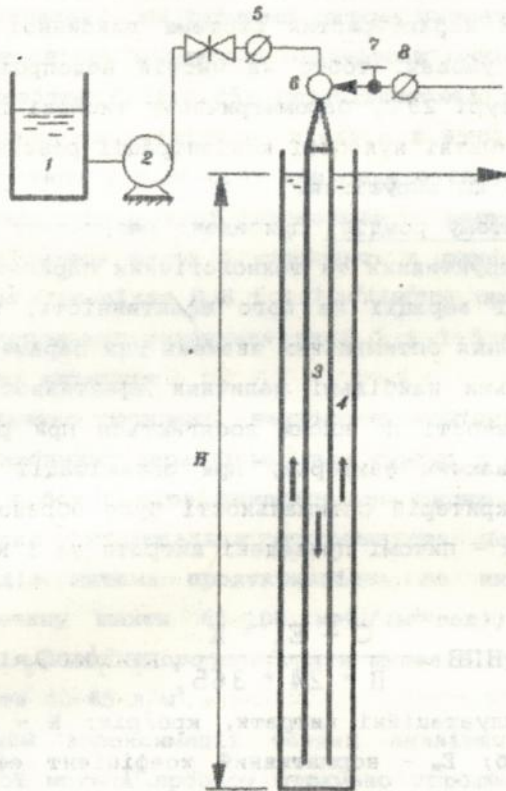


Рис.1. Схема експериментальної установки
1 - резервуар вихідної води; 2 - насос; 3 - центральна труба; 4 - шахта; 5 - лічильник води; 6 - водоповітряний ежектор; 7 - вентиль; 8 - лічильник газу

В результаті досліджень було встановлено емпіричну залежність загального об'ємного коефіцієнту масопередачі кисню при глибинній аерації від приведеної швидкості газової фази в двофазному газорідному потоці

$$K_L a_1 = V_1 u_2.$$

Чисельне значення коефіцієнту пропорційності V_1 , визначене за допомогою методу найменших квадратів, становило 0.334 м^{-1} .

Отримано аналітичні вирази для розрахунку основних масообмінних характеристик системи глибинної аерації в стандартних умовах, тобто на чистій водопровідній воді при температурі 20°C , барометричному тиску повітря 0.1 МПа і підтриманні нульової концентрації розчиненого кисню в рідині, що аерується.

В п'ятому розділі приведено результати досліджень впливу конструктивних та технологічних параметрів процесу глибинної аерації на його ефективність, метою яких було визначення оптимальних значень цих параметрів.

Оскільки найбільші величини ефективності аерації та продуктивності по кисню досягаються при різних значеннях впливаючих факторів, при оптимізації параметрів процесу за критерієм оптимальності було обрано комплексний показник - питомі приведені витрати на 1 кг розчиненого кисню

$$\text{ППВ} = \frac{C + E_n * K}{\Pi * 24 * 365}, \text{ крб/кгO}_2$$

де C - експлуатаційні витрати, крб/рік; K - капітальні витрати, крб; E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, рік^{-1} ; Π - продуктивність аераційної системи по розчиненому кисню, $\text{кг O}_2/\text{год}$.

Дослідження було виконано на математичній моделі процесу за допомогою програми розрахунку, складеної на

алгоритмічній мові Фортран-IV. Це дозволило дослідити вплив конструктивних і технологічних параметрів на техніко-економічні показники процесу в широких діапазонах значень впливаючих факторів: глибина шахти 20-200 м; діаметр шахти 0.15-1.5 м; співвідношення площ перетину низхідного та висхідного каналів 0.2-2.0; приведена швидкість рідини в низхідному каналі 0.8-5.0 м/с; співвідношення витрат повітря на аерацію і циркулюючої в шахті рідини 0.05-0.30.

Встановлено, що найменші питомі витрати на аерацію забезпечуються при наступних параметрах процесу: питомих витратах повітря 0.15-0.25; співвідношенні площ перетинів низхідного та висхідного каналів 0.85-0.95 для шахт U-подібного типу і 0.55-0.85 для шахт з центральною трубою. Величина оптимальної інтенсивності циркуляції залежить від діаметру шахти і становить в шахтах діаметром 0.2 і 1.5 м відповідно 0.6 і 1.7 м³/(м²*с) при подачі повітря за допомогою газодувки та 0.5 і 1.5 м³/(м²*с) при використанні ежектора.

Визначено основні техніко-економічні показники системи глибинної аерації мулової суміші в оптимальному режимі її роботи: міра використання кисню повітря 30-60%; середня окислювальна спроможність шахти 1.0-1.5 кгО₂/(м³*год); питома продуктивність по кисню одиниці площі перетину шахти 60-100 кгО₂/(м³*год); надлишкова концентрація розчиненого повітря в муловій суміші на виході з шахти 40-65 л/м³.

Шляхом апроксимації точних аналітичних виразів математичної моделі процесу отримано спрощені наближені формули для розрахунку основних масообмінних характеристик системи при аерації водопровідної води без споживан-

ня розчиненого кисню та мулової суміші з його біохімічним споживанням активним мулом.

В шостому розділі приведено результати експериментальних напіввиробничих досліджень, метою яких була оцінка працездатності аеротенка з глибинною аерацією як біохімічного реактора в реальних виробничих умовах в комплексі з іншими елементами технологічної схеми та визначення основних технологічних параметрів і ефективності процесу біологічної очистки в цих спорудах.

Напіввиробничу установку (рис.2) було побудовано на території очисних споруд Рівненського ДП "Рівнеліон".

Аеротенк з глибинною аерацією 2 складався із сталевого циліндро-конічного оголовка діаметром 1.5 м і свердловини глибиною 60 м з внутрішнім діаметром сталеві обсадної труби 250 мм, пробуреної в землі установкою роторного буріння. Герметичність свердловини було забезпечено шляхом тампонування її дна та затрубного простору цементним розчином. В свердловині було встановлено центральну трубу 9 діаметром 100 мм з водоповітряним ежектором 7 в верхній частині. Співвісно до неї було встановлено колону 10 діаметром 150 мм, сполучену в верхній частині з флотаційним муловідділювачем 3, який являв собою сталевий резервуар діаметром 1.9 м з циліндро-конічною перегородкою діаметром 1.35 м, що відділяла зону флотації від зони відстоювання.

На установку надходила суміш промислових стічних вод льонокомбінату, фабрики нетканих матеріалів та інших підприємств (40%) і комунально-побутових стоків міста (60%), яку відбирали після піскоуловлювачів діючих очисних споруд. Витрати стічних вод, що надходили на установку, дорівнювали 70 м³/доб або 2.9 м³/год і були визначені з умови забезпечення допустимого виносу активного

мулу з флотаційного муловідділювача (не більше 20 мг/л).

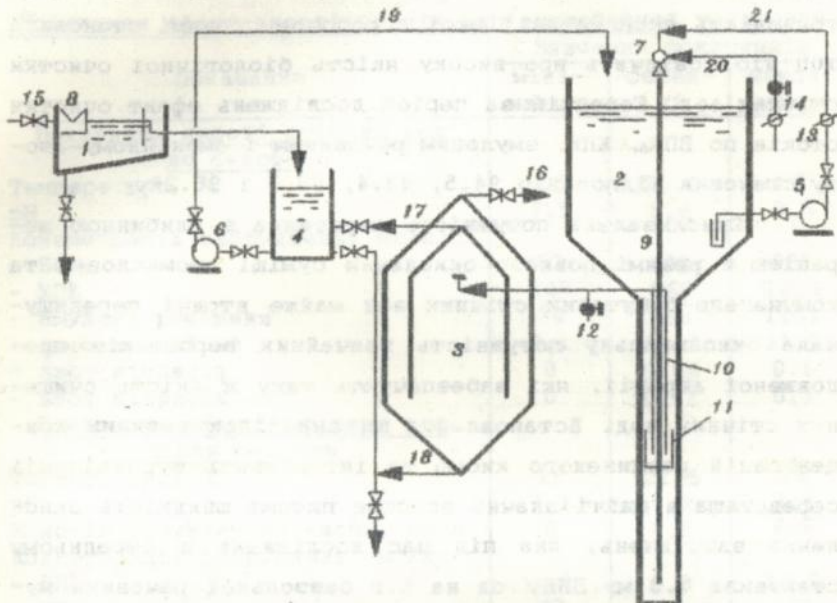


Рис.2. Технологічна схема експериментальної напіввиробничої установки

1 - приймальний резервуар; 2 - аеротенк з глибинною аерацією; 3 - флотаційний муловідділювач; 4 - проміжний резервуар; 5 - циркуляційний насос; 6 - насос для подачі стічних вод та активного мулу; 7 - ежектор; 8 - трикутний водозлив; 9 - центральна труба; 10 - відвідна труба; 11 - струмененаправлюючий стакан; 12 - повітряний патрубок; 13 - лічильник води; 14 - лічильник газу; 15 - неочищені стічні води; 16 - очищені стічні води; 17 - флошлам; 18 - осад; 19 - суміш неочищених стічних вод та зворотнього активного мулу; 20 - повітря; 21 - циркулююча мулова суміш

Дослідження було проведено в вересні-листопаді 1987 р. та червні-липні 1988 р. і завершено прийняттям технологічного процесу робочою комісією за участю представників УІВГ, льонокомбінату, Васейнового управління по регулюванню використання і охороні вод річок Полісся, обласної інспекції Держкомприроди УРСР та облСЕС.

Результати роботи установки (табл.1), загальна тривалість експлуатації якої в робочому режимі становила 100 діб, свідчать про високу якість біологічної очистки стічних вод. Середній за період досліджень ефект очистки стоків по БПК₅, ХПК, змуленим речовинам і амонійному азоту становив відповідно 94.5, 83.4, 93.7 і 96.2%.

Окислювальна потужність аеротенка з глибинною аерацією в режимі повного окислення суміші промислових та комунально-побутових стічних вод майже втричі перевищувала окислювальну потужність звичайних аеротенків продовженої аерації, які забезпечують таку ж якість очищених стічних вод. Встановлено, що внаслідок великих концентрацій розчиненого кисню та інтенсивної турбулізації середовища в шахті значно зростає питома швидкість окислення забруднень, яка під час досліджень в середньому становила 7.3 мг БПК₅/год на 1 г беззольної речовини мулу, тобто в 1.8 рази більше величини, рекомендованої СНиП 2.04.03-85, майже вдвічі зменшується приріст активного мулу, покращаються його седиментаційні властивості, підвищується стійкість до коливань органічного навантаження та впливу токсичних речовин.

Процес біологічної очистки стічних вод відзначався дуже невеликими питомими витратами повітря на одиницю знятої БПК₅ (в середньому 18.1 м³/кг, що в 5-15 разів менше, ніж в звичайних аеротенках продовженої аерації) і значною мірою використання кисню повітря (до 55%).

В цьому розділі приведено приклади технологічних схем та рекомендації щодо розрахунку, конструювання і проектування очисних споруд з аеротенками з глибинною аерацією, зроблено їх техніко-економічну оцінку.

Зазначено, що велика окислювальна спроможність системи глибинної аерації дозволяє очищати в цих споруд-

Таблиця 1

Показники ефективності роботи напіввиробничої установки

Показники	Значення показників		
	міні-мальні	середні	максимальні
<u>Показники якості стічних вод до очистки</u>			
Температура, °С	16	21.5	26
pH	7.5	8.6	9.6
Концентрації забруднень, мг/л:			
- БПК ₅	52	173	387
- ХПК	149	566	1615
- змулені речовини	74	260	1131
- азот амонійний	9.1	21.0	31.9
- азот нітритів	0	0.04	0.6
- азот нітратів	0	0.11	0.7
<u>Показники якості стічних вод після очистки</u>			
Температура, °С	18	22.5	25
pH	7.1	7.2	7.4
Конц-ія розчиненого кисню, мг/л	0	1.6	6.6
Концентрації забруднень, мг/л:			
- БПК ₅	4.4	9.5	16.8
- ХПК	47	94	165
- змулені речовини	8.3	16.4	21.0
- азот амонійний	0	0.8	2.0
- азот нітритів	0	0.2	0.94
- азот нітратів	8.5	15.4	30.5
<u>Показники роботи аеротенка з глибиною аерацією</u>			
Концентрація мулу, г/л	4.7	6.6	9.1
Зольність мулу, %	29.8	37.6	46.7
Муловий індекс, см ³ /г	42	54	79
Приріст мулу, г/м ³	-	46	-
Вік мулу, діб	-	30	-
Навантаження мулу (на беззольну речовину):			
- кг БПК ₅ / (кг*доб)	0.065	0.182	0.324
- кг ХПК/ (кг*доб)	0.159	0.608	1.730
Питома швидкість окислення (на беззольну речовину):			
- мг БПК ₅ / (г*год)	-	7.3	-
- мг ХПК/ (г*год)	-	21.7	-
Окислювальна потужність:			
- кг БПК ₅ / (м ³ *доб)	0.22	0.73	1.57
- кг ХПК/ (м ³ *доб)	0.46	2.16	7.08
Концентрація розчиненого кисню в оголовку аеротенка, мг/л	1.7	4.0	7.8

дах стоки з високими концентраціями органічних забруднень. Попереднє первинне відстоювання стічних вод не обов'язкове, достатньо обмежитись виділенням великих плаваючих речовин та важких мінеральних домішок на решітках і піскоуловлювачах. В технологічних схемах окрім зазначених необхідно передбачити споруди для знезараження очищених стічних вод та обробки осаду у відповідності до вимог СНиП 2.04.03-85.

В одноступеневих схемах для розділення мулової суміші після аеротенків з глибинною аерацією слід використовувати флотацію в поєднанні з відстоюванням, для чого доцільно застосовувати комбіновані споруди - флотатори-відстійники. В двоступеневих схемах допустиме використання флотації без наступного відстоювання стоків перед їх надходженням на другу ступінь очистки. В окремих випадках, коли через несприятливі геологічні умови або обмежені можливості бурового обладнання глибина шахти виявляється недостатньою для забезпечення флотаційного процесу (20-30 м), належить застосовувати гравітаційне розділення мулової суміші в звичайних відстійниках з її попередньою барботажною або іншою дегазацією.

Виконано техніко-економічну оцінку запропонованої технології шляхом порівняння показників роботи аеротенків з глибинною аерацією та їх прототипів - шахтних аеротенків (табл.2).

В порівнянні з шахтними аеротенками з глибинною аерацією працюють при значно більш високій (в 6-10 разів) інтенсивності аерації, що дозволяє при тій же самій ефективності, яка становить біля 3 кг O_2 /(кВт*год), майже в десять разів підвищити окислювальну спроможність та питому продуктивність по кисню одиниці площі перетину шахти. Завдяки цьому значно зменшується частка шахти в

загальному об'ємі споруди (від 60-95% в шахтних до 5-10% в аеротенках з глибинною аерацією), а це, в свою чергу, зменшує будівельну вартість та дозволяє використовувати для будівництва шахт звичайне бурове обладнання.

Таблиця 2

Техніко-економічні показники шахтних аеротенків
і аеротенків з глибинною аерацією

Показники	Значення показників		
	в стандартних умовах	в умовах експлуатації під час очищення стічних вод в аеротенках	
		шахтних	з глибинною аерацією
Ефективність аерації, кг O ₂ / (кВт*год)	6	3	2.8-3.6
Міра використання кисню повітря, %	90	85	30-60
Окислювальна спроможність шахти, кг O ₂ / (м ³ *год)	2-6	0.1-0.25	1.0-1.5
Питома продуктивність по кисню одиниці площі перетину шахти, кг O ₂ / (м ² *год)	200-400	6-15	60-100
Інтенсивність аерації, м ³ / (м ² *с)		0.015-0.05	0.15-0.32
Частка шахти в загальному об'ємі споруди, %		60-95	5-10
Надлишкова концентрація розчиненого повітря в муловій суміші на виході з шахти, л/м ³		до 35	40-65

Більш висока інтенсивність аерації дозволяє також майже вдвічі збільшити концентрацію розчиненого повітря в муловій суміші, що надходить на флотацію, а це, в свою чергу, підвищує ефективність процесу її флотаційного розділення, зменшує залишкові концентрації змулених речовин в очищеній воді, дозволяє підтримувати більш високі концентрації активного мулу в аеротенку та підвищує, тим самим, його окислювальну потужність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті виконаних досліджень доведено можливість та доцільність застосування в аеротенках системи глибинної аерації мулової суміші, яка відзначається високою ефективністю, великою окислювальною спроможністю та значною мірою використання кисню повітря.

2. Розроблено та випробувано в дослідно-виробничих умовах нову високоефективну технологію біологічної очистки стічних вод в аеротенках з глибинною аерацією, запропоновано конструкції таких аеротенків.

3. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень:

- встановлено основні закономірності та розроблено математичну модель процесу глибинної аерації, складено алгоритм та програму розрахунку цієї системи;

- отримано емпіричне рівняння для визначення загального об'ємного коефіцієнту масопередачі кисню при глибинній аерації;

- визначено вплив конструктивних і технологічних параметрів процесу глибинної аерації на його ефективність та виявлено оптимальні значення цих параметрів;

- визначено основні технологічні параметри процесу біологічної очистки стічних вод в аеротенках з глибинною аерацією;

- розроблено методику розрахунку системи глибинної аерації, запропоновано практичні рекомендації щодо проектування та конструювання таких аеротенків.

4. Застосування нової технології дозволяє:

- скоротити капітальні та експлуатаційні витрати на очистку, підвищити окислювальну потужність аеротенків та інтенсифікувати процес муловідділення;

- підвищити стійкість активного мулу до коливань концентрацій забруднень в стічних водах та до надходження токсичних речовин, знизити енергоємність процесу, зменшити площу очисних споруд та об'єм осаду, що утворюється під час очистки;

- зменшити об'єм аеротенків, скоротити тривалість біологічної очистки, знизити приріст активного мулу, покращити його седиментаційні властивості, зменшити втрати повітря на аерацію і, тим самим, знизити забруднення атмосфери аерозолями.

5. Розроблена технологія може знайти застосування як при будівництві нових, так і при реконструкції діючих очисних споруд. Аеротенки з глибинною аерацією можна використовувати для повної та неповної біологічної очистки міських і промислових стічних вод в одно- та багатоступеневих схемах в комбінаціях із звичайними аеротенками чи біофільтрами. Робота цих споруд може відбуватись як з окремою регенерацією активного мулу, так і без неї, а також в режимі продовженої аерації з повною мінералізацією надлишкової біомаси.

6. Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованої технології в порівнянні з технологією очистки стоків в аеротенках з пневматичною аерацією в базових цінах 1984 р. становить на станції біологічної очистки комунально-побутових стічних вод потужністю 100 м³/доб в с.Чудель Рівненської області та на очисних спорудах Маніковецького спиртзаводу продуктивністю 1650 дал спирту на добу відповідно 4.6 та 18.3 тис.крб/рік.

Загальні положення дисертації опубліковано в наступних роботах:

1. Оптимальные конструктивные и технологические параметры процесса глубинной аерации иловой смеси при

очистке сточных вод в аэротенках / Синева О.П., Проценко С.В. // Химия и технология воды. - 1989. - 11, N 12. - С. 1119-1122.

2. Аэротенк с глубинной аэрацией для очистки сточных вод / О.П.Синев, С.В.Проценко, В.Ю.Верейко. Ровно, 1991. - 4 с.

3. А.с.1288165 СССР, МКИ⁴ С02F 3/02. Способ биологической очистки сточных вод / О.П.Синев, С.В.Проценко, Ю.А.Романов - Опубл.07.02.87, Вкл.№ 5.

4. А.с.1399273 СССР, МКИ⁴ С02F 3/02. Устройство для очистки сточных вод / О.П.Синев, С.В.Проценко - Опубл.30.05.88, Вкл.№ 20.

5. А.с.1411294 СССР, МКИ⁴ С02F 3/02. Устройство для очистки сточных вод / О.П.Синев, С.В.Проценко, Ю.А.Романов - Опубл.23.07.88, Вкл.№ 27.

6. Проценко С.В., Синев О.П. Программа расчета и оптимизация шахтного аэротенка / Тезисы докладов областной науч.-техн. конференции "Интенсификация процессов очистки природных и сточных вод". 8-10 октября 1987 г. - Ростов-на-Дону, 1987. С. 115-116.

7. Проценко С.В., Синев О.П. Биологическая очистка сточных вод в шахтных аэротенках / Неделя науки, техники и передового опыта. Науч.-практ. конференция "Повышение эффективности работы системы водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий" (тезисы докладов и сообщений). - Ровно, 1988. - С. 100-101.

8. Проценко С.В. Аэротенки с глубинной аэрацией / Замкнутые технологические системы водоиспользования и утилизации осадков промышленных сточных вод (тезисы докладов на 3-ей республиканской науч.-техн. конференции 29-30 мая 1990 г.). - Кишинев, 1990. - Кишиневское НПО "Технология". С. 65.

9. Проценко С.В., Синев О.П. Аэротенки с глубинной аэрацией / Тезисы докладов всесоюзного науч.-техн. семинара "Совершенствование технологических процессов на станциях аэрации с доведением качества очистки до требований рыбохозяйственных водоемов" (г.Калинин, 5-7 июня 1990 г.). - Москва, 1990. С. 35-38.

10. Синев О.П., Проценко С.В., Кизеев Н.Д. Применение аэротенков с глубинной аэрацией и шахтных флотаторов для очистки сточных вод спиртзавода / Совершенствование системы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод (Тезисы докладов республиканской науч.-практ. конференции). - 28-29 ноября 1990 г. - Ровно, 1990. - С. 31-33.

11. Синьов О.П., Проценко С.В. Масообмінні характеристики системи глибинної аерації / Наук.-техн. конференція. Тези доповідей. Секція водопостачання, каналізації та охорони водних ресурсів. - Рівне, 1992. С. 42-43.

Проценко С.В. АЭРОТЕНКИ С ГЛУБИННОЙ АЭРАЦИЕЙ

Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук по специальности 05.23.04 - водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, Украинский институт инженеров водного хозяйства, Ровно, 1995.

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработана новая технология биологической очистки сточных вод в аэротенках с глубинной аэрацией, осуществляемой в скважинах или шахтах глубиной 50-150 м путем непрерывной циркуляции водовоздушной смеси в виде нисходящего и восходящего потоков, позволяющая значительно сократить капитальные и эксплуатационные затраты на очистку и повысить ее эффективность. Определены оптимальные параметры процесса, разработана методика расчета и предложены практические рекомендации по проектированию и конструированию таких аэротенков.

Protsenko S.B. AERATION TANKS WITH DEEP AERATION SYSTEM

Master's thesis for a defending a Technical Science Candidat's degree on the speciality 05.23.04 - water-supply, sewer, building systems for water resources protecting, Ukrainian Institute of Water Resources Management, Rivne, 1995.

As a result of theoretical and experimental researches there was developed a waste-water treatment process in the aeration tanks with deep aeration of mixed liquor proceeding in wells and mines 50-150 m deep by continuous circulation of liquid and air as descending and ascending flows. The technology is more effective and permits to decrease building and process costs. Optimal values of operational and design conditions were determined. Recommendations for practical use of the new technology are proposed.

Ключові слова: *Стічні води, біологічна очистка, аерація, активний мул, флотація*

Проценко

С.В.Проценко

4565511

Ав 31.983

Підписано до друку 23.02.95 р.
Формат 60x84 1/16 Обсяг 1 д.а.
Замов. 015 Тираж 100 прим.
Рівне, Держуправління екобезпеки,
вул.А.Толстого, 20