

## ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 628.336.515

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАМІНИ ПОВІТРЯ НА КИСЕНЬ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Г. О. Дензанов, О. В. Ковальчук, О. М. Павлик

*У роботі наведено техніко-економічне обґрунтування використання комбінованого методу та заміни повітря на кисень у технології очищення побутових і промислових стічних вод.*

*В работе представлено технико-экономическое обоснование использования комбинированного метода и замены воздуха на кислород в технологии очистки бытовых и промышленных сточных вод.*

*The paper presents a feasibility study using the combined method and changes of air is presented on oxygen in technology of cleaning of domestic and industrial wastewater.*

**Вступ**

Проектна потужність очисних споруд каналізації стічних вод м. Вінниці складає 150 тис. м<sup>3</sup> за добу. У 2008 році прихід стічних вод в середньому за добу складає 86 тис. м<sup>3</sup>. Не дивлячись на перевищення проектної потужності над фактичним приходом стічних вод, спостерігаються викиди отруйних аерозолів, утворення відходів, які важко утилізуються, порівняно високі енергетичні і матеріальні витрати.

На очисних спорудах каналізації м. Вінниці для очищення стоків застосовують загальноприйняте традиційне біологічне очищення побутових і промислових стічних вод, яке є найбільш близьким до природного очищення. В основі біологічного очищення води є діяльність мікроорганізмів активного мулу (АМ) – природного біоценозу, що формується в залежності від складу стічних вод і вибраного режиму очищення. Розрізняють аеробний і анаеробний методи біологічного очищення. При аеробному методі очищення 50 % органічних речовин витрачається на утворення СО<sub>2</sub> і 50 % – на утворення біомаси, тобто активного мулу (АМ). При анаеробному методі очищення 80-90 % органічних сполук перетворюється на біогаз і лише 3-5 % – на утворення АМ [1, 2].

**Основна частина**

В даний час, на очисних спорудах використовується тільки технологія аеробного біологічного очищення стоків. За даними лабораторії очисних споруд каналізації, в другій половині 2009 року (в середньому) зниження хімічного споживання кисню (ХСК) в стоках складало від 372,2 до 30,4 мг/л, що становить 1,2 т/год.

Зниження ХСК в стоках проходить при хімічних реакціях взаємодії органічних і неорганічних сполук з киснем. При цьому використовується кисень повітря, який барботує через стоки. При роботі 2-3 компресорів (18 тис. м<sup>3</sup>/год кожний) витрата повітря складає близько 40 тис. м<sup>3</sup>/год., що в 19 раз перевищує витрату теоретично необхідного кисню. Цим пояснюється високе споживання електроенергії, близько 1000 кВт·год, що складає вартість лише електроенергії на прокачування повітря 680 грн./год. Продування стоків великим надлишком повітря викликає утворення отруйних аерозолів.

Інтенсифікувати в 8-10 раз аеробний метод очищення стоків можна заміною повітря на кисень. В наш час застосування концентрованого кисню різноманітне: газове зварювання, різання і паяння металів; металургійна, хімічна, нафтохімічна і нафтогазова промисловість; виробництво азотних добрив, утилізація відходів тощо.

При заміні повітря на кисень, потреба очисних споруд м. Вінниці в кисні складе близько 650 кг/год. Виходячи з економічної доцільності різних методів виробництва кисню і необхідної його кількості можна рекомендувати використовувати сучасний кріогенний спосіб отримання кисню. Вінницьке підприємство «ТЕХНОГАЗ» реалізує рідкий кисень за ціною 2-2,5 тис. грн./т.

При потребі в 650 кг/год. кисню, витрати складуть 1500 грн/год [3]. Такі витрати на кисень у 2 рази вищі за повітря, навіть при 15 кратному його надлишку.

Отримання кисню можливе і електрохімічним шляхом за допомогою кисневого насосу, концентратора з деполяризацією пористого гідрофільно-гідрофобного аноду киснем повітря [4]. Для отримання 650 кг/год кисню потрібно 2178 кА струму, при потенціалі 0,3 В і ККД = 50 %. При цьому годинна витрата електроенергії складе 1300 кВт. Однак, одержаний електрохімічним методом кисень для аеробного методу використовувати економічно не доцільно.

У наш час інтенсивно проводяться дослідження з отримання електроенергії для процесів біологічного очищення стічних вод [5]. Досягнута потужність генератора складає 0,25 кВт м<sup>3</sup>/год., що у перерахунку на потужність очисних споруд м. Вінниці складе близько 900 кВт·год. Одержання електроенергії від рекуперації побутових і промислових стічних вод знаходяться ще на стадіях дослідження.

За добу кількість органічних сполук, що поступають на очисні споруди, в перерахунку на ХСК складає близько 29 т. Світовий досвід з рекуперації стічних вод показує, що коли добовий прихід органіки більше 1,5 т ХСК, то рекомендується використовувати комбінований анаеробно-аеробний метод очищення (табл. 1). У м. Вінниці перевищення цього показника складає понад 20 раз (29 т/добу ХСК).

Таблиця 1

**Застосування аеробного і анаеробного способів очищення стічних вод**

ХСК/доба	Найбільш оптимальний спосіб	
До 400 кг	Окислення і аерація у відкритому об'ємі. Біофільтр (аеробний метод)	<p>Використання анаеробного методу очищення</p>
Більше 400 кг	Аеробне очищення малозабруднених стічних вод із стабілізацією мулу	
До 1500 кг	Установка двохступеневого аеробного очищення. Біофільтр в комбінації з аеробним мулом	<p>Використання аеробного методу очищення</p>
Більше 1500 кг	Поєднання аеробного і анаеробного способу очищення стічних вод	

Як видно, з наведеного порівняльного аналізу застосування аеробного і анаеробного методу очищення стічних вод, зниження впливу несприятливих чинників і інтенсифікація процесів біологічного очищення досягається при комбінованому методі, завдяки різкому зниженню споживання кисню [3]. У закритих анаеробних системах органічні сполуки розкладаються і перетворюються без кисню. Загальне значення ХСК залишається постійним в очищувальній системі протягом всього часу. Проте значення ХСК в стічних водах, завдяки метановому бродінню до біогазу, може знижуватися за рахунок видалення з води метану. У

комбінованому методі стічні води спочатку поступають в анаеробний реактор, в якому проходить окислення 70-80 % органічних речовин і затримання 80-90 % завислих речовин. У сучасних анаеробних реакторах формується висока концентрація біомаси (до 30 50 г/л), внаслідок чого їх продуктивність досягає 15-20 кг ХСК м<sup>3</sup>/добу. Біогаз, що при цьому утворюється, містить 70 % метану (вихід складає 0,3-0,4 м<sup>3</sup> з кг ХСК) і 30 % вуглекислого газу. Газ після очищення від домішок сірководню може використовуватися для регенерації теплоти. Приріст активного мулу складає 3,5 % від загального ХСК. Мінералізований мул є цінним органічним добривом.

Комбінований метод очищення стічних вод забезпечує зниження енергетичних витрат до 0,1 кВт/кг БСК. При цьому, в перерахунку на продуктивність очисних споруд, можна отримувати до 500 м<sup>3</sup>/год біогазу (107 кДж). З урахуванням ККД сучасних теплових електростанцій (30-35 %), з такої кількості біогазу можна отримувати 2 тис. кВт·год електроенергії і 300 м<sup>3</sup> гарячої води (підвищення температури на 500 °С). Відповідно за місяць можливо отримати 1,5 млн. кВт год електроенергії і заощадити 0,7 млн. кВт год електроенергії на технологічні витрати та одержати 200 тис. м<sup>3</sup> гарячої води. Після анаеробного очищення стічні води рекомендується обробляти в аеробному реакторі. Ефект очищення на цьому етапі по БСК і завислих речовинах складає 10-15 мг/л. Отже, використовувати кисень замість повітря є економічно і екологічно доцільним.

### Висновки

- Використання аеробного методу біологічного очищення стічних вод в діючих спорудах каналізації економічно і екологічно недоцільно. Альтернативою може бути комбінований метод, що передбачає послідовне використання технології анаеробного і аеробного очищення стічних вод. Промислове впровадження комбінованого методу дозволить ліквідувати викиди в біосферу отруйних біологічно активних сполук (аерозолів) і важко утилізованого активного мулу, а замість витрат додатково отримувати теплову і електричну енергію та економічно вигідно використовувати технічний кисень.

### Використана література

1. Колесников В. П. Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях. / В. П. Колесников, Е. В. Вильсон. – Ростов на Дону: «Узд. «Юг», 2005. – 212 с.
2. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. Підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та інші. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
3. «ГРАСИС» – газораспределительные системы.  
Режим доступу: [www.grasys.ru](http://www.grasys.ru).
4. Лидоренко Н. С. Электрохимические генераторы. / Н. С. Лидоренко, Г. Ф. Мучник. – М.: Энергоиздат, 1982. – 448 с.
5. CNews Канализация станет источником электроэнергии. New Scientist. 2007 г.  
Режим доступу: [www.newscientist.com](http://www.newscientist.com).

**Дензанов Генадій Олександрович** – к.т.н., доцент кафедри хімії Вінницького державного педагогічного університету

**Ковальчук Олександр Васильович** – к.т.н., доцент, зав. кафедри хімії Вінницького державного педагогічного університету

**Павлик Олена Миколаївна** – к.х.н., старший викладач кафедри хімії Вінницького державного педагогічного університету