

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.355.2

Саблій Л. А., д.т.н., професор (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ); **Ободович О. М., д.т.н., с.н.с.;** **Сидоренко В. В., к.т.н.** (Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ); **Коренчук М. С., аспірант** (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АЕРАЦІЙНО-ОКИСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО ТИПУ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Проведено випробування роботи аераційно-окиснювальної установки роторного типу з використанням мулової суміші з різними конструкціями аераторів-окиснювачів і в різних режимах роботи. Наведено результати якісного та кількісного аналізів активного мулу до та після обробки в установці. Виявлено параметри, за яких активний мул функціонує в задовільному режимі.

Ключові слова: активний мул, стічні води, роторно-пульсаційний вузол, аератор-окиснювач, мікроскопування, муловий індекс.

В процесі біологічного очищення в аеротенках широко застосовують пневматичні системи аерації, які забезпечують достатні концентрації розчиненого кисню у муловій суміші та її перемішування. Пошук способів насичення мулової суміші киснем повітря залишається актуальною проблемою [1]. Одним із таких способів є використання гідромеханічних систем аерації.

Метою дослідження є пошук конструкції аератора-окиснювача та раціональних параметрів його роботи для забезпечення м'яких умов перемішування та розчинення кисню, при яких не відбуватиметься порушення стану активного мулу.

Дослідження проводили на базі дослідної аераційно-окиснювальної установки роторного типу в Інституті технічної теплофізики НАНУ. Схему установки представлено на рис. 1.

Насичення киснем і перемішування відбувається в аераторі-окиснювачі (рис. 2).

Дослідження проводили з використанням двох варіантів конс-

струкції аераторів-окиснювачів.

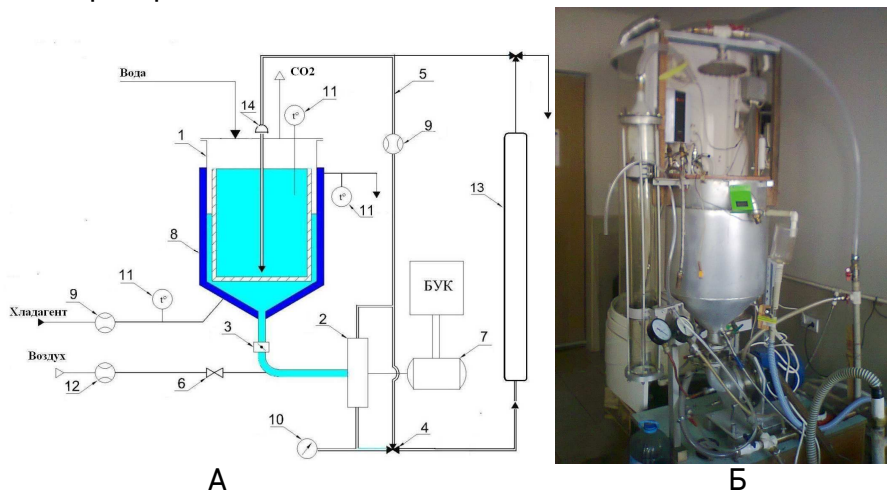


Рис. 1. Аераційно-окиснювальна установка роторного типу:
А – схема; Б – фото установки; 1 – ємність-накопичувач з внутрішнім циліндром; 2 – аератор-окиснювач; 3 – заслінка;
4 – триходовий кран; 5 – трубопровід рециркуляції;
6 – двоходовий кран; 7 – двигун; 8 – охолоджувальна сорочка;
9 – витратомір; 10 – манометр; 11 – термометр; 12 – витратомір повітря;
БУК – блок управління та контролю; 13 – окиснювальна колона;
14 – розпилююча голівка

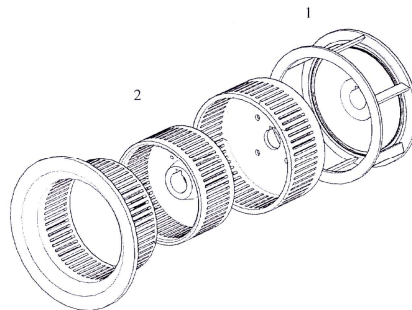


Рис. 2. Схема аератора-окиснювача:
1 – робоче колесо відцентрового насоса;
2 – роторно-пульсаційний вузол

Робочий об'єм першого аератора-окиснювача становить $0,0015 \text{ м}^3$. Основним елементом даного пристрою є роторно-пульсаційний вузол, який складається з двох роторів, з'єднаних гвинтами, та статора. Ротори мають наступні конструктивні параметри: внутрішній радіус малого ротора $R_{мр}=56$ мм, великого $R_{вр}=66$ мм; розміри прорізів $a=3$ мм; висота $h_{пр}=5$ мм; кут між ними 6° ; кількість $m=60$. Зазор між ротором і статором в роторно-пульсаційному вузлі складає

$\delta=0,15\div 0,3$ мм. Конструктивні параметри статора наступні: внутрішній радіус $R_{ст}=61$ мм; розміри прорізів $a=3$ мм; висота $h_{пр}=5$ мм; кут між ними 6° ; кількість $m=60$.

Другий варіант аератора-окиснювача містить роторно-пульсаційний вузол, який складається з одного ротора та статора. Конструктивні параметри ротора такі: внутрішній радіус $R_{вн}=40$ мм; зовнішній радіус $R_{зв}=70$ мм, який містить 12 круглих отворів діаметром $d_{от}=12$ мм. Конструктивні параметри статора: внутрішній радіус $R_{ст-вн}=70$ мм; зовнішній радіус $R_{ст-зв}=75$ мм.

У роботі проводили визначення доз активного мулу за сухою речовиною a , за об'ємом V і мулового індексу I .

Для визначення дози активного мулу a відбирали мулову суміш об'ємом $v=50$ см³, яку відфільтровували на попередньо висушеному та зваженому паперовому фільтрі «біла стрічка» масою m_1 та висушували до постійної маси m_2 за температури 105° С протягом шести годин. Дозу активного мулу розраховували за формулою

$$a = \frac{(m_2 - m_1)}{v} \cdot 1000, \text{ г} / \text{дм}^3. \quad (1)$$

Визначення дози активного мулу за об'ємом полягає у відстоюванні мулової суміші об'ємом $v_{пр}=200$ см³ протягом 30 хв з подальшим визначенням об'єму $v_{ос}$, який займає мул після відстоювання, і перерахунком на 1 дм³:

$$V = \frac{v_{ос}}{v_{пр}} \cdot 1000, \text{ см}^3 / \text{дм}^3. \quad (2)$$

Муловий індекс визначається як відношення дози активного мулу за об'ємом V до його дози за сухою речовиною a :

$$I = \frac{V}{a}, \text{ см}^3 / \text{г}. \quad (3)$$

Дослідження активного мулу проводили за допомогою тринокулярного мікроскопа марки XSP-139TP Ulab, який обладнано окуляром зі збільшенням $\times 10$ та об'єктивами зі збільшеннями $\times 10$, $\times 20$ та $\times 40$. Також, використовували мікроскоп Carl Zeiss Axio Imager.

Для підрахунку кількості груп організмів активного мулу застосовували метод «Відкаліброваної краплі» [2]. Відбирали 150 см³ мулової суміші, з якої, попередньо перемішавши, мікропіпеткою відбирали 0,1 см³ рідини, поміщали на предметне скельце і вкривали покривним скельцем розміром 18x18 мм. Робили три таких препарати. В кожному препараті підраховували кількість організмів в 10 полях зо-



ру під мікроскопом зі збільшенням $\times 100$. Визначали кількість організмів D в 1 см^3 мулової суміші за формулою:

$$D = \frac{S \cdot d}{\pi \cdot r^2 \cdot \rho}, \text{ клітин} / \text{см}^3, \quad (4)$$

де d – кількість організмів в одному полі зору (середнє арифметичне з оглянутих полів зору); r – радіус поля зору в мм; S – площа покривного скельця в мм^2 ; ρ – об'єм використаної рідини, см^3 .

Активний мул для досліджень був відібраний з мулової камери після вторинних відстійників Бортницької станції аерації м. Києва. Він представляє собою асоціацію мікроорганізмів. Мікрофотографії активного мулу представлено на рис. 3.

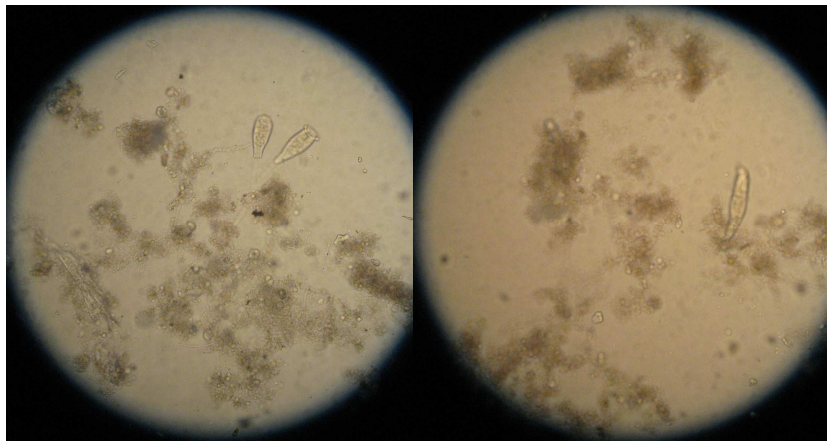


Рис. 3. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні $\times 200$

Протягом дослідження проби активного мулу відбирали двічі. В обох зразках мул є помірно-навантаженим, нитчасті бактерії відсутні, наявні інфузорії родів: *Paramecium*, *Vorticella*, *Epistylis*, *Euplotes*; коловертки родів: *Habrotrocha*, *Epipheres*, *Rotaria*, *Pleurotrocha*. В другій пробі визначали розрахункову кількість організмів, де кількість інфузорій складала 3335 особин/см^3 , коловерток – 205 особин/см^3 . Параметри обох проб активного мулу представлено в таблиці 1.

У всіх досліджах використовували відстояну водопровідну воду об'ємом 30 дм^3 і 3 дм^3 активного мулу.

Перше дослідження параметрів активного мулу в аераційно-окиснювальній установці роторного типу проводили при кутовій швидкості роторів $38,2 \text{ с}^{-1}$, яка є мінімальною для даного апарату. Температура мулової суміші складала $21,7^\circ \text{ C}$. Тривалість обробки –

40 хв. Відбір проб проводили кожні 10 хв. Використовували перший варіант аератора-окиснювача. Результати представлено в таблиці 2 та на рис. 4.

Таблиця 1
Параметри активного мулу, відібраного на Бортницькій станції аерації

NN проб	Доза активного мулу, a , г/дм ³		Середня доза активного мулу, $a_{сер}$, г/дм ³	Доза активного мулу V , см ³ / дм ³		Середня доза активного мулу $V_{сер}$, см ³ /дм ³	Муловий індекс, I , дм ³ /г
	I	II		I	II		
1	8,28	8,46	8,37	925	935	930	111,11
2	7,3	8,54	7,92	950	960	955	120,58

Примітка: 1 і 2 – послідовні проби; I і II – паралельні проби.

Таблиця 2
Параметри активного мулу після обробки при $38,2 \text{ с}^{-1}$

NN проб	Доза активного мулу, a , г/дм ³		Середня доза активного мулу, $a_{сер}$, г/дм ³	Доза активного мулу V , см ³ / дм ³		Середня доза активного мулу $V_{сер}$, см ³ /дм ³	Муловий індекс, I , дм ³ /г
	I	II		I	II		
K	0,8	0,74	0,77	60	65	62,5	81,17
4	0,68	0,74	0,71	60	65	62,5	88,02

Примітка: K – контроль; див. примітку до таблиці 1.

Друге дослідження активного мулу в установці проводили за кутової швидкості роторів $47,75 \text{ с}^{-1}$. Температура мулової суміші складала $21,7^\circ \text{C}$. Використовували перший варіант аератора-окиснювача. Тривалість обробки становила 40 хв. Відбір проб проводили кожні 10 хв. Результати представлено в таблиці 3, на рис. 5 та рис. 6.

Третє дослідження активного мулу в установці проводили при кутовій швидкості роторів $47,75 \text{ с}^{-1}$. Температура мулової суміші складала $21,7^\circ \text{C}$. Використовували другий варіант аератора-окиснювача. Тривалість обробки становила 28 хв. Результати представлено на рис. 7 і рис. 8.

Дослідження, виконані з використанням першого варіанту аератора-окиснювача, демонструють сталість параметрів активного мулу при мінімальній кутовій швидкості установки.

В ході дослідження активного мулу при максимальній кутовій



швидкості було виявлено руйнування пластівців активного мулу та загибель еукаріотів, відповідно до результатів мікроскопування (рис. 5, Б та рис. 6, Б). Помічено суттєве зростання мулового індексу (табл. 3).

Таблиця 3
Параметри активного мулу після обробки при $47,75 \text{ c}^{-1}$

NN проб	Середня доза активного мулу $V_{сер}, \text{ см}^3/\text{дм}^3$	Середня доза активного мулу, $a_{сер}, \text{ г}/\text{дм}^3$	Муловий індекс, $I, \text{ дм}^3/\text{г}$	Час від початку роботи установки $t, \text{ хв}$
К	82,5	0,64	128,91	0
1	90	0,61	147,54	10
2	90	0,56	160,71	20
3	90	0,52	173,08	30
4	77,5	0,47	164,89	40

Примітка: див. примітку до таблиць 1 і 2.

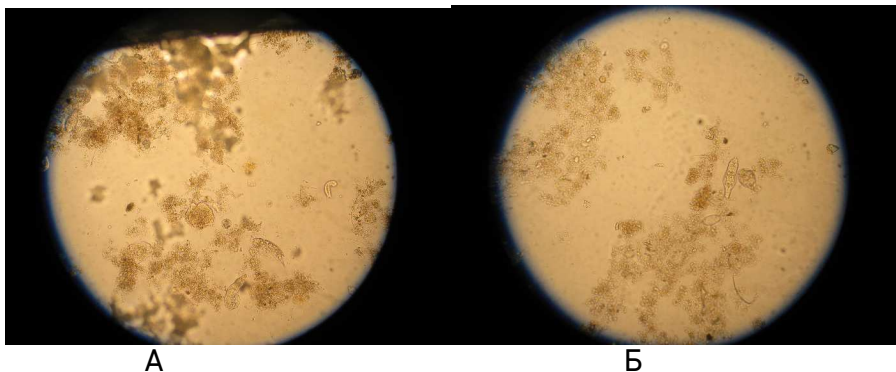


Рис. 4. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні $\times 200$:
А – контроль; Б – 4 проба

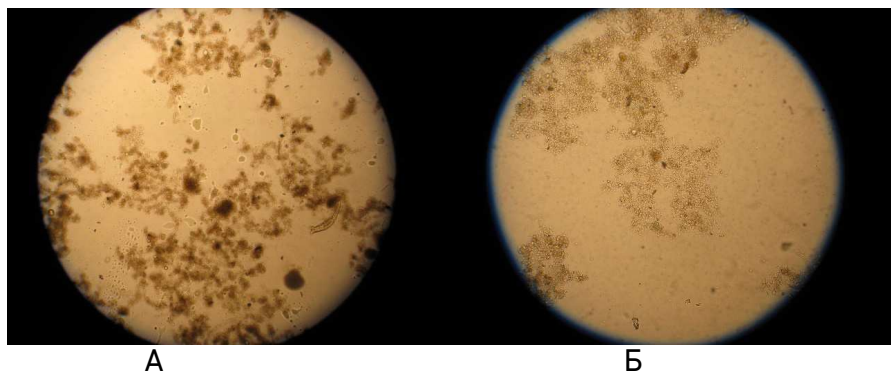
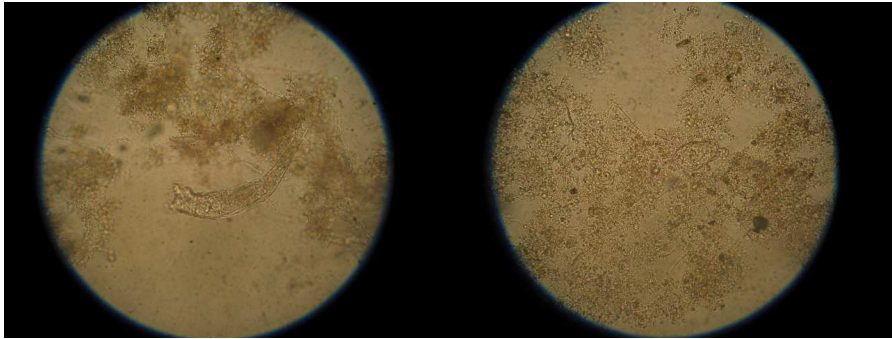
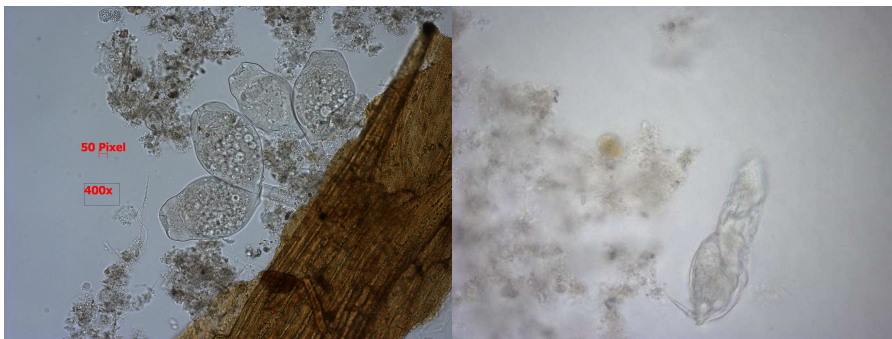


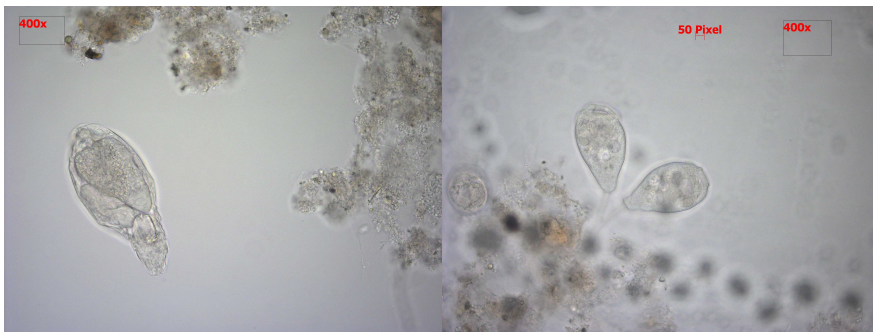
Рис. 5. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні $\times 100$:
А – контроль; Б – 4 проба



А
Б
Рис. 6. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні x400:
А – контроль; Б – 4 проба



А
Б
Рис. 7. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні x400:
А – контроль; Б – проба



А
Б
Рис. 8. Мікрофотографії активного мулу при збільшенні x400:
А – контроль; Б – проба

У третьому дослідженні при використанні другого варіанту аератора-окиснювача встановлено, що параметри активного мулу при максимальній кутовій швидкості установки були незмінними.



Виявлено, що використання другого варіанту аератора-окиснювача забезпечує м'який режим перемішування та аерації суміші, що не призводить до руйнування активного мулу та суттєвих змін його параметрів. Отже, підтверджено придатність аераційно-окиснювальної установки роторного типу для біологічного очищення стічних вод з використанням активного мулу.

1. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці / [Л. А. Саблій, О. М. Бунчак, В. С. Жукова та ін.]; під ред. д.т.н., проф. Л. А. Саблій. – Рівне : НУВГП, 2016. – 356 с. 2. Кутикова Л. А. Фауна аэротенков. Атлас. – Санкт-Петербург : Наука, 1984. – 264 с.

Рецензент: д.т.н., професор Гіроль М. М. (НУВГП)

Sablil L. A., Doctor of Engineering, Professor (National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv); **Obodovych O. M., Doctor of Engineering, Senior Research Fellow;** **Sydorenko V. V., Candidate of Engineering (PH.D.)** (Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv); **Korenchuk M. S., Post-graduate Student** (National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv)

STUDYING THE APPLICATION POSSIBILITY OF AERATION-OXIDATIVE ROTARY TYPE INSTALLATION FOR BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

Testing of aeration-oxidative rotary type installation conducted with active sludge, using different designs of aerators and working patterns. The results of the qualitative and quantitative analysis of activated sludge were obtained before and after treatment. Rational parameters were found, under which the activated sludge functioned in a satisfactory mode.

Keywords: activated sludge, wastewater, rotary-pulsation unit, aerator, microscopy, sludge index.

Саблій Л. А., д.т.н., професор (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Иггоря Сикорского», г. Киев); **Ободович А. Н., д.т.н., с.н.с;**

Сидоренко В. В., к.т.н. (Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев); **Коренчук Н. С., аспирант** (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРАЦИОННО-ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО ТИПА ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Проведено испытание работы аэрационно-окислительной установки роторного типа с использованием иловой смеси с разными конструкциями аэраторов-окислителей и в различных режимах работы. Приведены результаты качественного и количественного анализов активного ила до и после обработки в установке. Определены параметры, при которых активный ил работает в удовлетворительном режиме.

***Ключевые слова:* активный ил, сточные воды, роторно-пульсационный узел, аэратор-окислитель, микроскопирование, иловый индекс.**
