

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-187М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять з навчальної дисципліни
«Розроблення та вдосконалення комплексних біотехнологій»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія»
денної форми навчання

Рекомендовано науково- методичною
радою з якості Навчально-наукового
інституту будівництва, архітектури та
дизайну
Протокол № 2 від 21.10.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до лабораторних занять з навчальної дисципліни «Розроблення та вдосконалення комплексних біотехнологій» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології» спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Ковальчук В. А., Когут С. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 22 с.

Укладачі: Ковальчук В. А., д-р. техн. наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи;
Когут С.В., здобувач вищої освіти третього рівня.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник (гарант) ОП: Грицина О. О., к.т.н., доцент.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. Лабораторна робота № 1 «Дослідження процесу вакуумування активного мулу».....	3
2. Лабораторна робота № 2 «Дослідження процесу періодичного культивування активного мулу на модельних стічних водах молокопереробного підприємства».....	7
3. Лабораторна робота № 3 «Дослідження процесу періодичного культивування активного мулу на модельних стічних водах підприємства з виробництва соків».....	10
4. Лабораторна робота № 4 «Дослідження процесу роботи SBR реактора на модельних стічних водах молокопереробного підприємства»	11
5. Лабораторна робота № 5 «Дослідження процесу роботи SBR реактора на модельних стічних водах підприємства з виробництва соків»	16
6. Лабораторна робота № 6 «Дослідження процесу анаеробного зброджування модельних стічних вод молокопереробного підприємства	16
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	21

© В. А. Ковальчук, С. В. Когут, 2025
© НУВГП, 2025

ВСТУП

Здійснення робіт з розробки і вдосконалення комплексних біотехнологій у наш час має відбуватися на сучасній технологічній основі. В останні роки при виконанні таких робіт набувають усе більшого поширення сучасні біореактори, які працюють при підвищених концентраціях біомаси, яке досягається вакуумуванням мулової суміші. Значного поширення набули SBR-реактори, анаеробні біореактори різних типів. Однак їх технологічний розрахунок ускладнюється внаслідок відсутності відповідних методик. Дані методичні вказівки мають на меті навчити студентів розраховувати системи вакуумування мулової суміші, SBR-реактори, анаеробні біореактори як основу комплексних біотехнологій очищення промислових та міських стічних вод.

Лабораторна робота №1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВАКУУМУВАННЯ АКТИВНОГО МУЛУ

Мета роботи: визначення та аналіз основних параметрів процесу вакуумування активного мулу: величини вакууму та тривалості вакуумування і їх впливу на муловий індекс.

Загальні положення.

Муловий індекс характеризує здатність активного мулу до осадження та ущільнення. Муловий індекс визначається як об'єм активного мулу в кубічних сантиметрах після відстоювання протягом 30 хв у циліндрах об'ємом 1 л, віднесений до 1 г сухої речовини активного мулу [1]. Муловий індекс показує, який об'єм займає біоценоз активного мулу у стані спокою. Для добре працюючих аеротенків на міських очисних спорудах $J = 80-120 \text{ см}^3/\text{г}$, глибоко мінералізований мул може мати індекс $60-90 \text{ см}^3/\text{г}$. При «спуханні» активного мулу його муловий індекс перевищує $150-200 \text{ см}^3/\text{г}$. Такий мул погано осідає і відділяється від води у вторинних відстійниках, виноситься з очищеною водою, внаслідок чого зменшується загальний ефект очистки в аеротенку. В останні роки в літературі з'явилися матеріали із застосування для зменшення мулового індексу мулової суміші методу вакуумної

дегазації [2]. Опубліковані результати застосування вакуумної дегазації за кордоном свідчать про багато переваг цього методу, однак в них відсутні необхідні відомості та рекомендації щодо розрахунку, конструювання та експлуатації вакуумних дегазаторів.

Прилади, устаткування та матеріали.

- вакуум-насос із манометром;
- установка для вакуумування;
- секундомір;
- посуд мірний лабораторний скляний:
- циліндри місткістю 1000 см³.
- колби з активним мулом з аеротенків споруд біологічного очищення стічних вод.

Хід виконання роботи.

Дослідження ефективності методу вакуумної дегазації здійснюють на експериментальній установці, яка являє собою камеру, виготовлену з органічного скла (рис. 1, 2). У верхній частині камери змонтований штуцер для подачі мулової суміші і підключення до вакуум-насосу, у дні влаштований вентиль для випуску вакуумованої мулової суміші в циліндр.

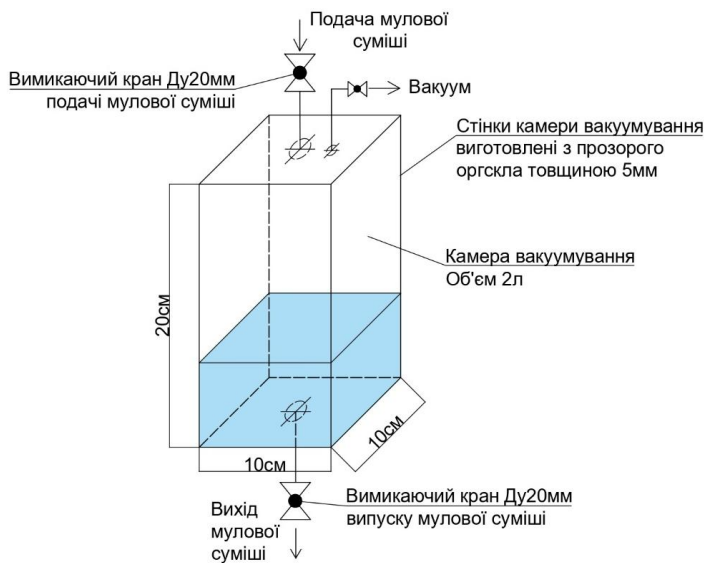


Рис. 1. Схема установки для вакуумування мулової суміші



Рис. 2. Зовнішній вигляд установки для вакуумування мулової суміші

Визначають початкову концентрацію активного мулу за сухою речовиною становила $C_{поч}$, г/дм³. Далі пробу мулової суміші об'ємом 1 л злегка збовтують, заливають в установку (рис. 1, 2) і підключають до вакуумної лінії з манометром, за яким встановлюють величину робочого вакууму.

На першому етапі досліджень вибирають величину вакууму. Для цього проби піддають вакуумуванню тривалістю 60 с при різних значеннях вакууму – 0,02, 0,04, 0,06 і 0,07 МПа. Після завершення вакуумування відкривають випускний вентиль і повільно зливають мулову суміш у скляний мірний циліндр об'ємом 1 л. Після випускання у циліндр включають секундомір і фіксують об'єм осілого мулу через 5 хв у даний момент часу. Тривалість одного дослідів становить 30 хв. Із отриманих результатів визначають величину вакууму, при якому об'єм мулу буде найменший.

Отримані результати заносять в таблицю 1.

Таблиця 1

Залежність об'єму мулу від величини вакууму

Величина вакууму, МПа	Об'єм ущільненого мулу V, мл, при тривалості ущільнення, хв							Муловий індекс, см ³ /г
	0	5	10	15	20	25	30	
0								
0,02								
0,04								
0,06								
0,07								

У другій серії дослідів вибирають тривалість вакуумування, яку в різних дослідах приймають рівною 1, 3 та 5 хв і фіксують за допомогою секундоміра. Після завершення вакуумування відкривають випускний вентиль і повільно зливають мулову суміш у скляний мірний циліндр об'ємом 1 л. Після випускання у циліндр включають секундомір і фіксують об'єм осілого мулу через 5 хв у даний момент часу. Тривалість одного дослідів становить 30 хв. Такі ж дослідження виконують і на пробі мулової суміші, яка не піддавалася вакуумуванню. Температуру мулової суміші вимірюють термометром. Отримані результати заносять в таблицю 2.

Таблиця 2

Залежність об'єму мулу від тривалості вакуумування

Тривалість вакуумування	Об'єм ущільненого мулу, мл, при тривалості ущільнення, хв							Муловий індекс, см ³ /г
	0	5	10	15	20	25	30	
1 хв								
3 хв								
5 хв								

В обох серіях дослідів муловий індекс визначають за формулою

$$J = C_{\text{поч}} / V, \text{ см}^3/\text{г}. \quad (1)$$

Після виконання усіх дослідів визначають, у скільки разів вакуумування дозволяє зменшити муловий індекс.

Також будують графіки залежності об'єму мулу від величини вакууму і тривалості вакуумування.

Лабораторна робота №2.
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРІОДИЧНОГО
КУЛЬТИВУВАННЯ АКТИВНОГО МУЛУ НА МОДЕЛЬНИХ
СТІЧНИХ ВОДАХ МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО
ПІДПРИЄМСТВА

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями періодичного культивування активного мулу на модельних стічних водах молокопереробного підприємства; встановити зміну ХСК стічних вод в процесі періодичного культивування активного мулу, залежність ефективності біологічного очищення від тривалості аерації та навантаження на активний мул.

Загальні положення.

Періодичне культивування активного мулу - це метод біологічного очищення стічних вод у циклі: завантаження, аерація, відстоювання і злив очищеної води. Далі цикл у реактор подаються неочищені стічні води і цикл повторюється. За таким принципом працюють так звані SBR-реактори – аеротенки періодичної дії, які знаходять усе більше застосування на практиці [3].

Молокопереробні підприємства розміщені по усій території країни. Стоки від молокопереробних підприємств містять велику кількість білків, жирів та лактози, мають підвищену спінюваність і змінюване значення рН і являють собою велику загрозу для водних ресурсів. Тому дослідження і вивчення методів очищення цих стічних вод має велике значення.

Прилади, устаткування, матеріали.

- реактор для періодичного культивування (лабораторний циліндр об'ємом 1 л);
- акваріумний компресор з дифузором;
- рН-метр;
- термометр;
- мірний посуд;
- реактиви і матеріали для визначення ХСК;
- реактиви і матеріали для визначення завислих речовин.

Хід виконання роботи.

На початку виконання лабораторної роботи слід виготовити штучну стічну воду молокопереробного підприємства. Для цього в

циліндр об'ємом 1 л наливаємо певну кількість магазинного молока (2,5–3,2% жирності) і додаємо водопровідну воду до об'єму 1 л і ретельно перемішуємо скляною паличкою. ХСК штучної стічної води орієнтовно має становити 2000 мг/дм³. В таблиці 3 наведені орієнтовні дані для приготування штучної стічної води.

Таблиця 3

Таблиця розбавлень молока для отримання цільового значення
ХСК штучної стічної води

Цільове значення ХСК, мг/дм ³	Рекомендована кількість молока на 1 л штучної стічної води, мл
1500	11
3000	22
5000	37
8000	59
12000	89

Визначити рН та ХСК (можна прискореним методом). При необхідності відкоригувати рН розчином їдкого натру (до рН 6,5-8,0). Якщо значення ХСК завелике — розбавити водою, замале — додати ще 1–5 мл молока. Використати свіжоприготовлений розчин у той же день.

Попередньо відібрати в аеротенках міських очисних споруд мулову суміш з кінця першого коридору (кінець регенератора) мулову суміш. За відомою методикою визначити у ній концентрацію активного мулу за сухою речовиною.

Перед виконання дослідів з періодичного культивування в циліндр об'ємом 1 л наливають 200 мл активного мулу і 800 мл штучної стічної води, до дна опускають аератор і включають компресор (початок дослідів). Одразу ж шприцом відбирають 50 мл мулової суміші і після фільтрування через фільтр «біла стрічка» визначають ХСК фільтрату мулової суміші C_0 . Відрегулюють подачу повітря компресором. Вона повинна бути достатньою, але такою, щоб не було виливання вмісту циліндра.

Після аерації протягом 1 години знову відбирають пробу мулової суміші 50 мл і у фільтраті визначають ХСК₁. Таку ж само процедуру виконують після 2-х, 3-х і 4-х годин аерації. Отримані результати заносимо у таблицю 4.

Таблиця 4

Розрахункові параметри процесу періодичного культивування
активного мулу на штучній стічній воді молокопереробного
підприємства

Параметри, що визначаються	Тривалість аерації, год				
	0	1	2	3	4
ХСК, мг/дм ³					
Ефективність очищення, %					
Навантаження на мул, мг ХСК/г.добу					
Швидкість окислення мг ХСК/г.год					

Визначаємо на основі ХСК:
ефективність очищення (фільтровані проби)

$$E = \frac{C_o - C_t}{C_o} 100, \%; \quad (2)$$

навантаження на активний мул

$$N_t = \frac{C_t}{a(1-s)W_t}, \text{мг/(г.добу)}; \quad (3)$$

швидкість окислення забруднень

$$\rho_t = \frac{C_o - C_t}{a(1-s)t}, \text{мг/(г.год)}; \quad (4)$$

де C_o і C_t - ХСК фільтрованих проб на початку досліджень і в момент часу t , мг/дм³; a - розрахункова доза мулу, г/дм³; S - зольність мулу, частка одиниці; t - тривалість аерації, год; W - об'єм мулової суміші в момент часу t , дм³.

За отриманими даними отримують графіки залежності «навантаження на мул – ефективність очищення» та «ХСК очищених стічних вод – швидкість окислення забруднень за ХСК». Аналізують, як змінюються ці параметри протягом культивування.

Лабораторна робота № 3.
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРІОДИЧНОГО
КУЛЬТИВУВАННЯ АКТИВНОГО МУЛУ НА МОДЕЛЬНИХ
СТІЧНИХ ВОДАХ ПІДПРИЄМСТВА З
ВИРОБНИЦТВА СОКІВ

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями періодичного культивування активного мулу на модельних стічних водах підприємства з виробництва соків; встановити зміну ХСК стічних вод в процесі періодичного культивування активного мулу, залежність ефективності біологічного очищення від тривалості аерації та навантаження на активний мул.

Загальні положення.

Періодичне культивування активного мулу - це метод біологічного очищення стічних вод у циклі: завантаження, аерація, відстоювання і злив очищеної води. Далі цикл у реактор подаються неочищені стічні води і цикл повторюється. За таким принципом працюють так звані SBR-реактори – аеротенки періодичної дії, які знаходять усе більше застосування на практиці.

Підприємства з виробництва соків розміщені по усій території країни. Вони зазвичай працюють із середини серпня до кінця листопада. Висококонцентровані стічні води від цих підприємств містять пісок, землю, відходи від переробки яблук (плодоніжки, листя, кісточки, шкірку, гниль, яблучну м'якоть), частину лютерної води та миючі розчини. Яблучний сік містить цукри (глюкозі, фруктоза, сахароза), органічні кислоти (яблучна, лимонна), невелику кількість азоту, фосфору, солей, тобто типові органічні забруднювачі, які легко біологічно розкладаються. З урахуванням високого вмісту органічних речовин, що окислюються біохімічним шляхом, біологічне очищення є основним методом знешкодження цих стічних вод.

Прилади, устаткування, матеріали і хід виконання роботи – аналогічні до лабораторної роботи № 2.

Сік швидко ферментується, тому готувати модельну стічну воду слід безпосередньо перед дослідами. При цьому не слід використовувати соки з консервантами (сорбат, бензоат), які пригнічують мікроорганізми. Штучну стічну воду слід зберігати в холодильнику не більше 1-2 діб.

В таблиці 5 наведені дані щодо розбавлення яблуневого соку для отримання штучної стічної води.

Таблиця 5

Таблиця розбавлень соку для отримання цільового значення ХСК штучної стічної води

Цільове значення ХСК, мг/дм ³	Рекомендована кількість соку на 1л штучної стічної води, мл
1000	20
3000	55
5000	90
8000	140
10000	170

Лабораторна робота № 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ SBR РЕАКТОРА НА МОДЕЛЬНИХ СТИЧНИХ ВОДАХ МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями роботи SBR реактора на модельних стічних водах молокопереробного підприємства; встановити зміну ХСК стічних вод в процесі періодичного культивування активного мулу, залежність ефективності біологічного очищення від тривалості аерації та навантаження на активний мул.

Загальні положення.

SBR реактори нині знаходять усе більше застосування для очищення міських і промислових стічних вод. Перевагами цих споруд є [4]:

- відсутність вторинних відстійників оскільки розділення мулової суміші здійснюється безпосередньо в SBR реакторі при вимкненні аерації стічних вод;
- вирівнювання нерівномірного добового надходження стічних вод;
- здійснення одночасних процесів нітрифікації та денітрифікації шляхом контролю насичення стічних вод киснем шляхом вимірювання «дихальної здатності активного мулу», що призводить до зниження потреби в повітрі та усуває необхідність перемішування вмісту реакційної камери;

- гнучкість та оперативний контроль;
- мінімальна займана площа;
- економія коштів за рахунок відмови від відстійників та іншого обладнання;
- відсутність зовнішньої рециркуляції, що значно зменшує споживання електроенергії.

Однак SBR технології властиві певні недоліки, зокрема:

- потрібен високий рівень узгодженості для паралельно працюючих SBR реакторів;
- можливе потрапляння плаваючого або осілого мулу з очищеними стічними водами для деяких конфігурацій SBR;
- потенційна потреба в усередненні після SBR, залежно від наступних процесів.

В системах SBR кожен аеротенк може мати п'ять основних фаз роботи. Тривалість кожної фази в аеротенку можна пристосувати для різних потреб очищення, таких як видалення органічних речовин, нітрифікація, денітрифікація, дефосфатація тощо. На рис. 3 схематично показано різні фази роботи системи SBR. Враховуючи цю обставину розглядається і процес розрахунку об'єму аеротенка під час здійснення усіх цих фаз.

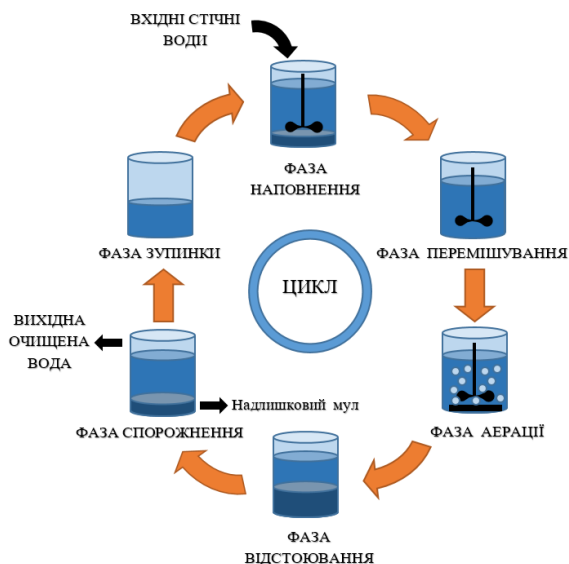


Рис. 3. Приклад послідовності фаз процесу протягом циклу

Прилади, устаткування, матеріали.

- установка для дослідження роботи SBR реактора;
- акваріумний компресор з дифузором;
- рН-метр;
- термометр;
- мірний посуд;
- реактиви і матеріали для визначення ХСК і завислих речовин.

Дослідження процесу роботи SBR реактора здійснюють на експериментальній установці, яка являє собою ємність, виготовлену із скла (рис. 4, 5).

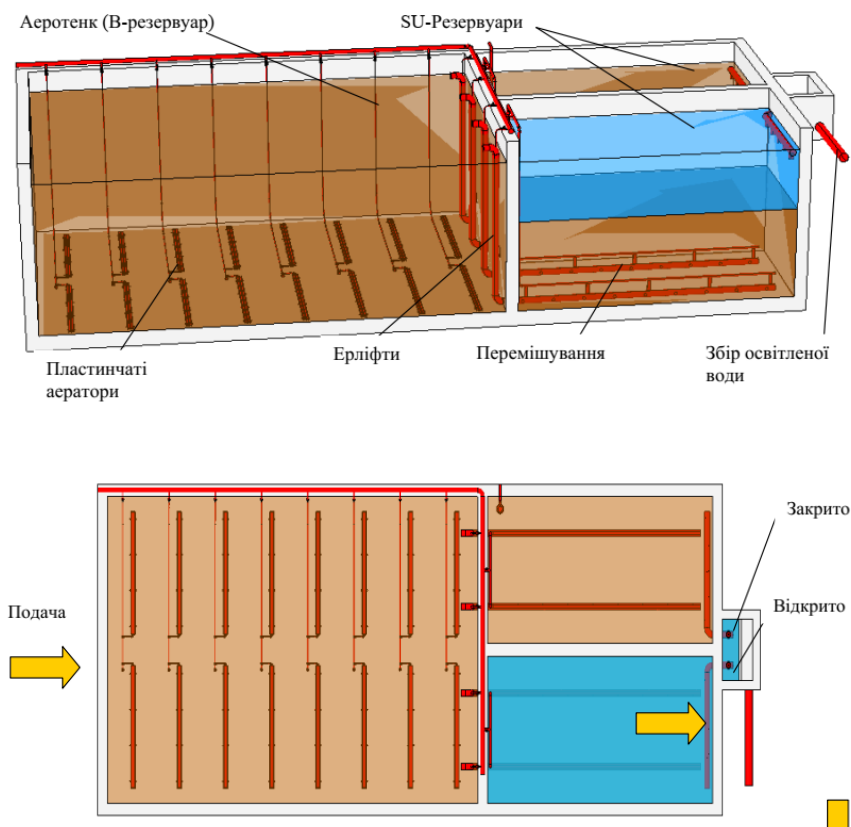


Рис. 4. Схема установки для дослідження роботи SBR реактора



Рис. 5. Зовнішній вигляд установки дослідження роботи SBR реактора

Основними елементами установки є аеротенкації об'ємом 20 л, у якому встановлені середньобуашкові аератори, а також два резервуари для розділення мулової суміші об'ємом по 10 л. Повітря в аератори подається за допомогою акваріумного компресора. В камері аерації встановлені також два ерліфти, які забезпечують повернення осілого активного мулу в зону верації.

Хід виконання роботи.

На початку виконання лабораторної роботи слід виготовити штучну стічну воду молокопереробного підприємства, як це вказано в лабораторній роботі № 2. Об'єм штучної стічної води повинен бути рівним 10 л на один цикл роботи SBR реактора.

Заздалегідь відбирають з кінця регенератора аеротенків міських очисних споруд мулову суміш і за відомою методикою визначають у ній дозу активного мулу за сухою речовиною a_o .

Напочатку дослідів у аеротенк заливають 10 л мулової суміші з аеротенків міських очисних споруд. Туди ж додають 10 л штучної стічної води і включають компресор (початок дослідів). Одразу ж шприцом відбирають 50 мл мулової суміші і після фільтрування через фільтр «біла стрічка» визначають ХСК фільтрату мулової суміші C_o . Відрегульовують подачу повітря компресором. Вона повинна бути достатньою, але такою, щоб не було значного піноутворення.

Розрахунковим шляхом визначають дозу активного мулу з урахуванням його розбавлення штучною січною водою a_4 .

Через 4 години аерації шприцом відбирають 50 мл мулової суміші і після фільтрування через фільтр «біла стрічка» визначають ХСК фільтрату мулової суміші C_4 . Паралельно із аеротенка відбирають 10 л мулової суміші і заливають в резервуар для розділення мулової суміші.

Після заливання мулової суміші в резервуар для розділення мулової суміші (початок дослідів) фіксують об'єм осілого мулу. Коли об'єм мулу перестане зменшуватись то вважають, що фаза відстоювання вже закінчилась. Зливають очищену стічну воду, а осілий активний мул повертають в аеротенк. Після цього в аеротенк заливають 10 л штучної стічної води і продовжують новий цикл досліджень.

Таким чином, на першому етапі досліджень встановлюють тривалість двох фаз роботи SBR реактора: тривалість фази аерації, яка буде на першому етапі становити 4 години і тривалість фази відстоювання.

Результати досліджень заносимо в таблицю 6.

Таблиця 6

Етап дослідів	Тривалість аерації, год	ХСК, мг/дм ³		Доза мулу, мг/дм ³	Тривалість відстоювання, год	Об'єм мулу, дм ³
		початкова, C_o	кінцева, C_4			
1						
2						
3						

Тривалість аерації на другому етапі приймають більшою, якщо значення ХСК C_4 більше 150-200 мг/дм³. Уточнюють тривалість фази відстоювання. При необхідності подальшого уточнення параметрів проводять ще один етап дослідів.

Після завершення дослідів за формулами (2-4) визначають ефективність очищення, навантаження на активний мул і питому швидкість окислення забруднень.

Лабораторна робота № 5 **«ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ SBR РЕАКТОРА НА** **МОДЕЛЬНИХ СТИЧНИХ ВОДАХ ПІДПРИЄМСТВА З** **ВИРОБНИЦТВА СОКІВ»**

Лабораторна робота виконується таким самим чином, що і лабораторна робота № 4, приготування штучної стічної води так само, як і в лабораторній роботі № 3.

Лабораторна робота № 6 **«ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНОГО** **ЗБРОДЖУВАННЯ МОДЕЛЬНИХ СТИЧНИХ ВОД** **МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА»**

Мета роботи: Ознайомитися з особливостями анаеробного зброджування модельних стічних водах молокопереробного підприємства; встановити зміну ХСК стічних вод в процесі зброджування, залежність ефективності анаеробного зброджування від процесу.

Загальні положення.

Біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод у багатьох випадках здійснюють анаеробними методами, як самостійно так і в поєднанні з традиційними методами аеробного біологічного чищення в аеротенках, біофільтрах та інших спорудах.

Основні переваги анаеробних методів у порівнянні з аеробними: високі техніко-економічні показники; надійність роботи очисних споруд та простота їх обслуговування; менша кількість надлишкової біомаси (вона є стабілізованим продуктом, який добре віддає воду, що робить непотрібним споруди для зброджування активного мулу і суттєво зменшує потужність споруд для обробки осадів і потрібну мулових майданчиків); здатність анаеробного

активного мулу тривалий час зберігати активність при відсутності харчуванні і низьких температурах; можливість отримання та утилізації біогазу що утворюється при анаеробному розкладанні органічних речовин як паливо. При анаеробному очищенні стічних вод у більшості випадків виключається попереднє їх освітлення, що значно спрощує технологію очищення стічних вод та обробки осадів [5].

В основі анаеробних методів очищення лежить широко поширений в природі процес метанового бродіння, що здійснюються спільнотою кислото- і метаноутворюючих бактерій. В оптимальних умовах цей процес не забезпечує ступінь видалення органічних забруднень стічних вод близький до повної біологічної очистки.

Практична реалізація можливостей анаеробного очищення стічних вод пов'язана з необхідністю розробки оптимальних конструкцій біохімічних реакторів, що мають високу питому потужність, що обчислюється кількістю перероблених органічних забруднень в одиниці об'єму реактора за одиницю часу (добу, годину). В таких реакторах повинні підтримуватись високі концентрації анаеробних мікроорганізмів та створені гідродинамічні умови за яких інтенсивність масообмінних процесів була б максимальною

Прилади, устаткування, матеріали.

- лабораторний реактор для анаеробного зброджування стічних вод молокопереробного підприємства;
- рН-метр;
- термометр;
- дрексель;
- мірний посуд;
- реактиви і матеріали для визначення ХСК і завислих речовин;
- ємність з анаеробним активним мулом з метантенків міських очисних споруд.

Хід виконання роботи.

Лабораторна установка для анаеробного зброджування стічних вод молокопереробного підприємства змонтована у сушильній шафі марки ТС80 і являє собою металевий резервуар, який нагадує метантенк 5 (рис. 6, 7). Корисний об'єм резервуару установки становить 12 л. Вона обладнана електродвигуном з редуктором 2 і

мішалкою 6. У верхній частині горловини установки влаштований патрубок для відведення газів бродіння у дрексель 3, після чого вони скидаються в атмосферу по трубі 4. У нижній частині резервуара влаштований завантажувально-розвантажувальний гумовий патрубок 7 закритий гумовою пробкою 8.

Температура процесу зброджування регулюється за допомогою контактного термометра, встановленого в термостаті.

Введення лабораторного реактора в роботу здійснюється із завантаження у нього анаеробного активного мулу з метантенків міських очисних споруд. При відкритій пробці 8 анаеробний активний мул заливається в реактор до рівня, який визначається обрізом завантажувально-розвантажувального гумовий патрубка 7. Після цього на термостаті встановлюється температура 33°C і вміст реактора переміщується протягом 3 годин.

На початку виконання лабораторної роботи виготовляється штучна стічна вода молокопереробного підприємства, як це зроблено в лабораторній роботі № 2. ХСК модельних стічних вод молокопереробного підприємства приймається рівним 3000 мг/дм³. Визначається рН та ХСК (можна прискореним методом) модельних стічних вод. При необхідності відкоригувати рН розчином їдкого натру (до рН 6,5-8,0). Якщо значення ХСК завелике - розбавляємо водою, замале - додати ще 1-5 мл молока. Використати свіжоприготовлений розчин слід у той же день.

На першому етапі досліджень добову дозу завантаження приймають рівною 5%, що складає 600 мл. Ретельно перемішують вміст реактора, відкривають гумову пробку і через завантажувально-розвантажувальний гумовий патрубок у скляну ємність зливають приблизно 3000 мл мулової суміші, яку відстоюють протягом 2 годин. Після цього зливають на аналіз 600 мл декантату, додають 600 мл штучної стічної води і через завантажувально-розвантажувальний гумовий патрубок суміш заливають в реактор і закривають гумовою пробкою. Вміст реактору добре перемішують.

У декантаті визначають ХСК, рН, а у реакторі періодично визначають дозу мулу. З часом, ХСК декантату стабілізується і тоді обчислюють: ефективність очищення (фільтровані проби)

$$E = \frac{C_o - C_t}{C_o} 100, \%; \quad (4)$$

навантаження на суху речовину анаеробного активного мулу

$$N_t = \frac{C_o}{a \cdot W_t}, \text{мг}/(\text{г.добу}); \quad (5)$$

швидкість окислення забруднень

$$ОП = \frac{(C_o - C_t)Q}{W}, \text{мг}/(\text{дм}^3 \cdot \text{добу}); \quad (6)$$

де C_o і C_t - ХСК фільтрованих проб на початку і наприкінці досліджень, $\text{мг}/\text{дм}^3$; a - розрахункова доза анаеробного активного мулу, $\text{г}/\text{дм}^3$; Q – об'єм завантажуваних стічних вод, дм^3 ; W - об'єм мулової суміші в реакторі, дм^3 .

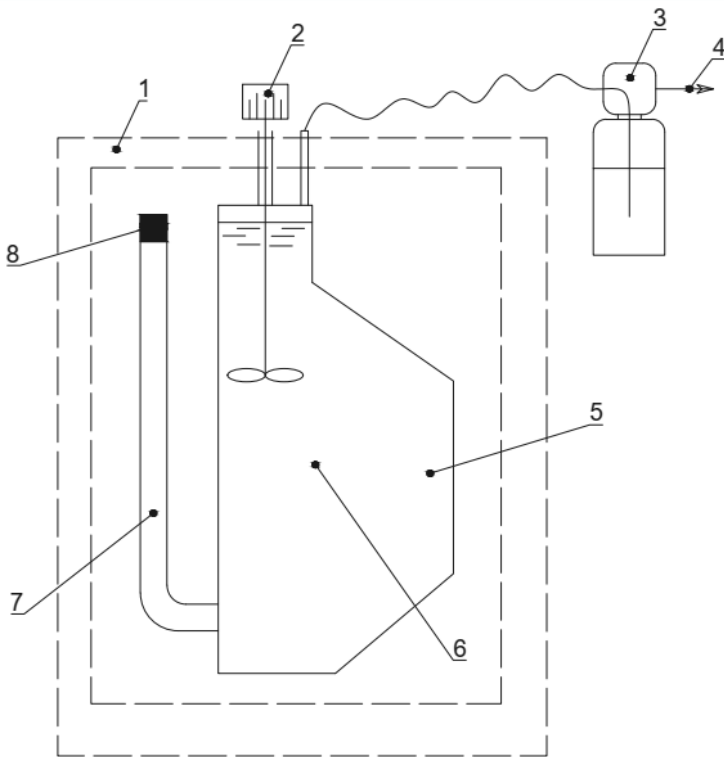


Рис. 6. Схема лабораторної установки для анаеробного зброджування стічних вод: 1-термошафа; 2-електродвигун з редуктором; 3-дрексель; 4-випуск біогазу в атмосферу; 5- реактор для анаеробного зброджування стічних вод; 6-мішалка; 7- завантажувальний шланг; 8-пробка



Рис. 7. Зовнішній вигляд лабораторної установки для анаеробного зброджування стічних вод

Результати обрахунків заносимо в таблицю 7.
Досліди повторюємо при дозах завантаження 10 і 15%.

Таблиця 7

Доза завантаження, %	ХСК, мг/дм ³		Доза мулу, мг/дм ³	Ефект очистки, %	N, мг г.добу	ОП, мг дм ³ .добу
	C_o	C_t				
5						
10						
15						

За отриманими даними отримують графіки залежності «навантаження на мул – ефективність очищення» та «ХСК очищених стічних вод – швидкість окислення забруднень за ХСК». Аналізують, як змінюються ці параметри протягом культивування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне : БАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с.
2. Maciejewski M, Oleszkiewicz JA, Golcz A, Nazar A (2010) Degasification of mixed liquor improves settling and biological nutrient removal. Water Pract Technol 5:1–7.
3. Activated Sludge and Nutrient Removal, MOP OM-9, 3rd Edition. 259 p.
4. Manual on Sequencing Batch Reactors (VEF), MOP FD-7. 321 p.
5. Sandra M. Stronach, Thomasine Rudd, John N. Lester. Anaerobic Digestion Processes in Industrial Wastewater Treatment / Springer Press, 1986. 420 p.