

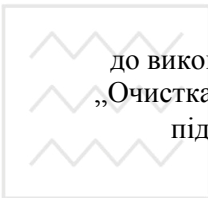


Національний університет
водного господарства та
природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра водопостачання, водовідведення та
бурової справи

01-04-26



Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
„Очистка стічних вод” для студентів за напрямом
підготовки 6.060103 „Будівництво”
усіх форм навчання

Рекомендовано методичною
комісією за напрямом
підготовки „Будівництво”
Протокол № 2 від 22.10.13 р.

Рівне 2013



Національний університет

водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Очистка стічних вод” студентами за напрямом підготовки 6.060103 „Будівництво” усіх форм навчання / В.А.Ковальчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 31 с.

Упорядник: В.А.Ковальчук, д-р. техн. наук, професор.

Відповідальний за випуск: В.О.Орлов, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи



Національний університет
водного господарства
та природокористування

© Ковальчук В.А., 2013

© НУВГП, 2013



Передмова

Лабораторні заняття допомагають студентам систематизувати, розширити теоретичні знання, глибше вивчити суть технологічних процесів, ознайомитися з конструкціями каналізаційних очисних споруд та навчитись визначати основні параметри їх роботи. Крім цього, на лабораторних заняттях набувають навичок, які необхідні для проведення самостійних наукових досліджень.

У зв'язку із тим, що проведення лабораторних робіт здійснюється із використанням стічних вод та осадів, застосуванням вакуум-насосів та іншого обладнання, необхідно дотримуватися правил техніки безпеки і санітарної гігієни.

Перед початком кожної лабораторної роботи студенти повинні чітко засвоїти мету, теоретичні основи процесів, що протікають в установці і порядок проведення роботи.



1. Лабораторна робота №1

„ВИВЧЕННЯ КІНЕТИКИ ОСІДАННЯ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН”

(Тривалість роботи – 2 години)

Мета роботи – визначити залежності ефекту осідання завислих речовин від тривалості процесу та гідравлічної крупності частинок зависі.

Загальні положення.

При відстоюванні стічних вод процес проходить в полідисперсній агрегативно-нестійкій системі з великим діапазоном розміру частинок, які в процесі осідання агломеруються, змінюють свою форму, густину і розміри. При цьому змінюється швидкість їх осідання. Тому кінетику процесу осідання встановлюють дослідним шляхом в лабораторних умовах для стічних вод певного складу.

Характеристику осідання завислих речовин наводять у вигляді графіків залежності ефекту відстоювання від тривалості процесу або від гідравлічної крупності частинок.

Ефект осідання залежить від висоти шару води, в якому виконується відстоювання. Для агрегативно-стійких частинок



спостерігається просте співвідношення між тривалістю і глибиною при однаковому ефекті відстоювання:

$$\frac{T}{t} = \frac{H}{h}$$

де T і t – тривалість відстоювання відповідно в натурних спорудах і лабораторних умовах; H і h – висота шару води відповідно при відстоюванні в натурних спорудах і лабораторних умовах.

Для частинок агломеруючих це співвідношення має наступний вигляд:

$$\frac{T}{t} = \left(\frac{H}{h} \right)^n$$

де n – показник ступеня, який залежить від здатності частинок до агломерації.

Для добре сформованих зкоагульованих пластівців $n = 0,5$; для стічних вод газоочисток $n = 0,45$; для побутових стічних вод з концентрацією: до 400 мг/л – $n = 0,25$, до 600 мг/л – $n = 0,3$.

Знаючи витрату стічних вод, початкову концентрацію завислих речовин, залежність ефекту освітлення від тривалості процесу та гідравлічної крупності частинок, висоту стовпа води в лабораторному циліндрі та показник ступеню „ n ” можна розрахувати відстійники на будь-який ступінь видалення із стічних вод завислих речовин.

Прилади, устаткування та матеріали.

Сушильна шафа, лабораторні терези, фільтри „біла стрічка”, лабораторні циліндри ємністю 1 л, 0,25 л; лабораторні стакани місткістю 1 л, 0,25 л; гумова трубка або піпетка, гумова груша, скляні лійки, термометр, досліджувана стічна вода – 10 л.

Хід виконання роботи.

Перемішують стічну воду та відбирають пробу об’ємом 0,1-0,25 л з метою визначення початкової концентрації завислих речовин у воді та температури. Після цього наливають перемішану стічну воду в декілька однакових циліндрів місткістю 1,0 л. Через визначений інтервал часу t_1 (5-10 хв.) обережно зливають за допомогою сифона стічну воду з першого циліндра до визначеної мітки (шар води висотою h , мм). У відібраній пробі визначають концентрацію завислих речовин. Через проміжок часу t_2 , від

початку відстоювання таким само способом вибирають пробу з другого циліндра і визначають в ній концентрацію завислих речовин і т.д.

Для кожної відібраної проби знаходять гідравлічну крупність частинок, що осіли в циліндрі, за формулою:

$$u = \frac{h}{t},$$

де h – глибина шару води, мм; t – інтервал часу, сек.

Для кожного інтервалу часу знаходять ефект затримання завислих речовин формулою:

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}^t}{C_{en}} \cdot 100, \%,$$

де C_{en} – концентрація завислих речовин в досліджуваній стічній воді, мг/л; C_{ex}^t – концентрація завислих речовин в пробі після відстоювання протягом часу t , мг/л.

Результати досліджень подають у табличній формі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Результати досліджень кінетики осідання завислих речовин

№№: проби	t , сек	u , мм/с	C , мг/л	E , %
1	2	3	4	5
0	0			
1	300			
2	600			
3	900			
4	1200			
5	1500			
6	1800			
7	2100			

За отриманими даними будують графіки залежностей $E = f(t)$ і $E = f(u)$.



2. Лабораторна робота № 2.

„ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ І АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДІЮЧИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД ДКП „РІВНЕВОДА””

(Тривалість роботи – 4 години)

Мета роботи – вивчити технологічну схему очистки стічних вод і обробки осаду, ознайомитись із здійсненням технологічного контролю, навчитися визначити технологічні параметри роботи споруд і аналізувати ефективність їх роботи.

Загальні положення.

Очисні споруди призначені для очистки стічних вод і обробки осадів і складаються з окремих очисних і допоміжних споруд, зв'язаних між собою інженерними комунікаціями в єдину технологічну схему.

Технологічний контроль за роботою очисних споруд включає лабораторний контроль на різних етапах за якістю очистки стічних вод та обробки осадів; контроль та облік витрати води, покидьків, які затримуються на решітках, осаду, який випускається з піскоуловлювачів, первинних відстійників і контактних резервуарів, надлишкового та циркуляційного активного мулу, повітря, яке подається в аеротенки та усереднювачі, осаду та пари, що подаються в метантенки, дренажної води з мулових майданчиків тощо.

Ці дані дозволяють визначити технологічні параметри роботи окремих споруд і проаналізувати їх роботу.

Устаткування, прилади та матеріали.

Лабораторна робота проводиться на діючих очисних спорудах із використанням виробничого устаткування та приладів для проведення технологічного контролю.

Хід виконання роботи.

Роботу починають з вивчення технологічної схеми очистки стічних вод та обробки осадів, ознайомлення з особливістю роботи окремих споруд та їх характеристиками.

Потім визначають місця та способи контролю витрат стічних вод, осаду та інших середовищ. Дані про витрати отримують за допомогою існуючих на очисних спорудах вимірвальних



пристроїв і обладнання. При відсутності таких пристроїв необхідні дані приймають за результатами вимірювань, виконаних працівниками очисних споруд у попередні періоди. Визначають місця відбору проб стічних вод, осадів та інших середовищ, частоту контролю та перелік контрольних аналізів. При цьому необхідно користуватись наступними рекомендаціями.

У стічних водах, які надходять на очисні споруди (натуральна проба), очищених у первинних відстійниках, після очистки на очисних спорудах і у воді водоймища один раз у декаду виконують повний санітарний аналіз, який включає визначення температури, колірності, рН, завислих речовин і їх втрат при прожарюванні, сухий залишок і його втрат при прожарюванні, азоту загального, амонійного, нітритів, нітратів, окислюваності перманганатної, біхроматної (ХПК), БПК₅, БПК_{повн.}, розчиненого кисню, вільного хлору, загального фосфору.

При повному санітарному аналізі виконують також бактеріологічний аналіз. При цьому визначають загальне число бактерій, які вирощуються на м'ясопептонному агарі (МПА) та на середовищі ЕНДО, вміст гельмінтів, специфічні інгредієнти (залізо, мідь, хром, барвники та ін.), які характерні для даних стічних вод.

Для оцінки роботи окремих споруд виконують наступні аналізи.

Решітки. Один раз у декаду аналізують покидьки в середньодобовій пробі: вологість, гігроскопічну вологість, зольність, середню густину.

Піскоуловлювачі. Один раз на місяць аналізують осад, в якому визначають: вологість, гігроскопічну вологість, зольність, середню густину, вміст піску, розподіл піску за фракціями.

Первинні відстійники. У стічній воді до та після відстійників виконують повний санітарний аналіз, а також визначають кількість осаду за об'ємом (за 2 години відстоювання) та за масою. Виконують аналіз осаду, визначаючи: вологість, гігроскопічну вологість, зольність, фракційний склад та вміст піску.

Мулоущільнювачі. Три рази на тиждень контролюють концентрацію мулу в суміші, яка подається в ущільнювач. Один раз в декаду визначають вологість ущільненого мулу і винос завислих речовин з муловою водою.

Аеротенки і вторинні відстійники. Один раз у декаду виконують повний санітарний аналіз стічних вод до та після споруд.



Щоденно в середньозмінній пробі визначають концентрацію завислих речовин. Один раз за добу визначають дозу активного мулу в аеротенках, регенераторах і у каналах.

1-2 рази за добу визначають концентрацію розчиненого кисню.

Два рази у декаду контролюють якість активного мулу: муловий індекс, дозу мулу, будують криву швидкості осідання мулу, визначають найпростіші мікроорганізми, потребу в кисні. Один раз на місяць визначають гігроскопічну вологість, зольність, загальний азот і фосфор та виконують гельмінтологічний аналіз.

Метантенки. Під час завантаження та випуску осаду відбирають проби, у яких визначають: вологість, гігроскопічну вологість, зольність, загальний азот, фосфор, СПАР, специфічні інгредієнти, гельмінти.

Два рази у декаду виконують аналіз мулової рідини (летючі жирні кислоти, лужність, азот амонійний).

Один раз на місяць виконують кількісний аналіз газу (метан, вуглекислота, водень, кисень, азот, сірководень).

Спорути для знезаражування. Один раз на місяць визначають хлорпоглинальність очищених стічних вод. 4-5 разів за добу визначають кількість залишкового хлору.

Водойма. Один раз на місяць відбирають проби води з водойми до та після скиду стічних вод і виконують повний санітарний аналіз.

Мулові майданчики. Періодично відбирають пробу підсушеного осаду, в якій визначають: вологість, гігроскопічну вологість, зольність, азот, фосфор, специфічні інгредієнти, яйця гельмінтів та їх життєздатність.

При виконанні лабораторної роботи результати хімічних аналізів стічних вод, осаду та газу, для отримання яких необхідний тривалий час, приймають за даними лабораторії очисних споруд.

Дані, які характеризують спорути, результати аналізів та розрахунків наводять у табличній формі (табл. 2.1-2.10).



Дані про неочищені та очищені стічні води

Показники	Місце відбору проби		Ефект очистки, %
	до очистки	після очистки	
1	2	3	4
Витрати стічних вод, м ³ /добу м ³ /місяць			
Температура, °С			
pH			
Ступінь прозорості, см натуральної проби відстояної			
Кількість осаду, мл/л			
Завислі речовини, мг/л втрати при прожарюванні, %			
Окислюваність, мг/л			
БПК ₅ , мг/л натуральної проби відстояної води			
ХПК, мг/л			
Розчинений кисень, мг/л			
Азот, мг/л загальний амонійних солей нітрити нітрати			
Фосфати, мг/л			
Феноли, мг/л			
Ефіророзчинні речовини, мг/л			
Нафтопродукти, мг/л			
СПАР, мг/л			
Метали, мг/л залізо хром мідь			
Сухий осад, мг/л втрати при прожарюванні, %			



Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Хлориди, мг/л Сульфати, мг/л Число бактерій в 1 мл, тис. на МПА на ЕНДО			

Таблиця 2.2

Дані про роботу решіток _____
вказати марку, кількість робочих і резервних

Показники	Значення показників для решіток	
	№ 1	№ 2
1	2	3
Витрати води, м ³ /добу Кількість покидьків, м ³ всього на 1000 м ³ стічних вод Вологість, % Зольність, % Густина, т/м ³ Склад, % текстиль папір		

Таблиця 2.3

Дані про роботу пісковловлювачів

Показники	Значення показників для піскоуловлювачів		
	№ 1	№ 2	№ 3
1	2	3	4
Площа поперечного перерізу, м ² Витрата води: добова, м ³ /добу максимальна, м ³ /с мінімальна, м ³ /с Швидкість руху води, м/с максимальна			



1	2	3	4
мінімальна Кількість осаду, м ³ всього на 1000 м ³ стічної води Середня густина, г/л Вологість, % Зольність, % Вміст піску, % Фракційний склад: менше 0,25 мм, % більше 0,25, %			

Таблиця 2.4

Дані про роботу первинних відстійників

Показники	Значення показників для відстійників	
	№ 1	№ 2
1	2	3
Робочий об'єм, м ³ Площа поверхні, м ² Площа живого перерізу, м ² Робоча глибина, м Витрати стічних вод: добова, м ³ /добу максимальна, м ³ /год Тривалість відстоювання, год Швидкість руху води, мм/с горизонтальна (вертикальна) Осад, мг/л на вході на виході Осідаючі речовини: на вході, мг/л на виході, мг/л затримано, %		



1	2	3
БПК ₅ : на вході, мг/л на виході, мг/л зниження, % Кількість осаду: фактичної вологості, м ³ сухої речовини, т Вологість осаду, % Зольність осаду, %		

Таблиця 2.5

Дані про роботу аеротенків

Показники	Значення показників
1	2
Об'єм, м ³ : аеротенк зона аерації зона регенерації Витрата стічної води, м ³ /год: Період аерації, год Період регенерації, год Доза активного мулу, г/л в регенераторі в зоні аерації середня БПК ₅ , мг/л води, що надходить на виході (відстояна) Перероблено БПК ₅ за добу Розчинений кисень, мг/л: в зоні аерації в зоні регенерації в відвідному каналі Витрата повітря: всього, м ³ /год	



Продовження таблиці 2.5	
1	2
на I кг знятої БПК ₅ , м ³ на I м ³ стічних вод, м ³ Інтенсивність аерації, м ³ /м ² . год Зольність активного мулу, % Навантаження мг БПК ₅ на I г беззольної речовини активного мулу Навантаження на I м ³ аеротенка за БПК ₅ , кг/добу	

Таблиця 2.6

Дані про роботу вторинних відстійників

Показники	Значення показників для відстійників	
	№ 1	№ 2
1	2	3
Робочий об'єм, м ³ Площа поверхні, м ² Площа живого перерізу, м ² Робоча глибина, м Витрата стічних вод, м ³ /год Тривалість відстоювання, год Гідравлічне навантаження, м ³ Винос активного мулу, мг/л Рециркуляційний активний мул: витрата, м ³ /год вміст сухої речовини, мг/л Надлишковий активний мул: витрата, м ³ /год вміст сухої речовини, мг/л Приріст активного мулу, мг/л		



Таблиця 2.7

Дані про роботу мулозгущувачів

Показники	Значення показників для мулозгущувачів		
	№ 1	№ 2	№ 3
1	2	3	4
Робочий об'єм, м ³ Площа поверхні, м ² Робоча глибина, м Витрата мулу, м ³ /год Тривалість відстоювання, год Швидкість руху рідини в остійній зоні, мм/с Вміст сухої речовини в активному мулі на вході, мг/л на виході, мг/л Вологість ущільненого мулу, % Витрати ущільненого мулу, м ³ /год Витрати мулової води, м ³ /год Концентрація завислих речовин в муловій воді, мг/л			

Таблиця 2.8

Дані про роботу контактних резервуарів

Показники	Значення показників для контактних резервуарів	
	№ 1	№ 2
1	2	3
Робочий об'єм, м ³ Витрата стічних вод, м ³ /год Доза хлору, мг/л Час контакту, год Концентрація завислих речовин, мг/л на вході на виході		

1	2	3
БПК ₅ , мг/л на вході на виході Залишковий хлор, мг/л Зниження концентрації завислих речовин, % Зниження БПК ₅ , % Число бактерій в 1 мл тис. шт.: на вході на МПА на ЕНДО на виході на МПА на ЕНДО Зниження числа бактерій, % Колі - індекс		

Таблиця 2.9
Дані про роботу метантенків

Показники	Значення показників для метантенків	
	№ 1	№ 2
1	2	3
Робочий об'єм, м ³ Завантажено: осаду фактичної вологості, м ³ /добу осаду по беззольній речовині, т/добу мулу фактичної вологості, м ³ /добу мулу по беззольній речовині, т/добу Доза завантаження: фактичної вологості, % по беззольній речовині, кг/м ³ Вивантаження: осаду фактичної вологості, м ³ /добу по беззольній речовині, т/добу		



1	2	3
<p>Вологість, % осаду на вході мулу на вході осаду на виході</p> <p>Зольність, % осаду на вході мулу на вході осаду на виході</p> <p>Температура, °С: осаду на вході мулу на вході осаду на виході</p> <p>Склад мулової води: амонійний азот, мг/л лужність, мг-екв/л жирні кислоти, мг-екв/л</p> <p>Склад газу теплота згорання, кДж/м³ середня густина, кг/м³ отримано газу, м³/добу</p> <p>Перероблено беззольної речовини, %</p> <p>Витрата пари, т/добу т/м³ осаду</p>		

Таблиця 2.10

Дані про роботу мулових майданчиків

Показники	Значення показників
1	2
<p>Площа: загальна, га корисна, га</p> <p>Використання площі, % під заливом на підсушуванні на вивозі на ремонті</p>	

1	2
Витрата осаду, м ³ /добу Вологість осаду, % Вивезено осаду, м ³ /добу Вологість осаду, % Вивезено осаду, м ³ /рік Вологість осаду, % Витрата мулової води, м ³ /добу Концентрація завислих речовин, мг/л БПК ₅ , МГ/Л Навантаження на 1 м ² майданчика, м ³ /рік	

3. Лабораторна робота № 3

«ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНОЇ ЗДАТНОСТІ БІОФІЛЬТРА»

(Тривалість роботи – 2 години)

Мета роботи – визначити окисну здатність лабораторних біофільтрів.

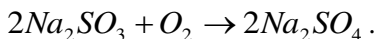
Загальні положення.

Біологічний фільтр – це споруда, в якій стічна вода очищається шляхом фільтрування через матеріал загрузки, покритий біологічною плівкою. Біологічна плівка утворюється колоніями мікроорганізмів.

В біологічному фільтрі одночасно протікають наступні процеси: - насичення очищеної стічної води киснем повітря; - видалення та окиснення органічних забруднень мікроорганізмами біоплівки.

Процес насичення очищеної стічної води характеризується окисною здатністю – кількістю кисню, який переходить з повітря в воду за одиницю часу, під час протікання її через завантаження біофільтра об'ємом 1 м³.

В основному визначення окисної здатності покладено метод хімічного окислення сульфіту натрію киснем повітря в присутності іонів кобальту



По зміні концентрації сульфіту визначають кількість кисню, який перейшов в воду.



Прилади, матеріали та реактиви.

Лабораторна установка (рис. 3.1), секундомір, циліндр об'ємом 100 мл, метр, конічні колби об'ємом 150 мл, піпетки 2 мл та 10 мл, титрувальний столик, дистильована вода, 0,01 %-ий розчин йоду, 0,01 %-ий розчин тіосульфат натрію, крохмаль, сірчана кислота (1:3), сульфід натрію.

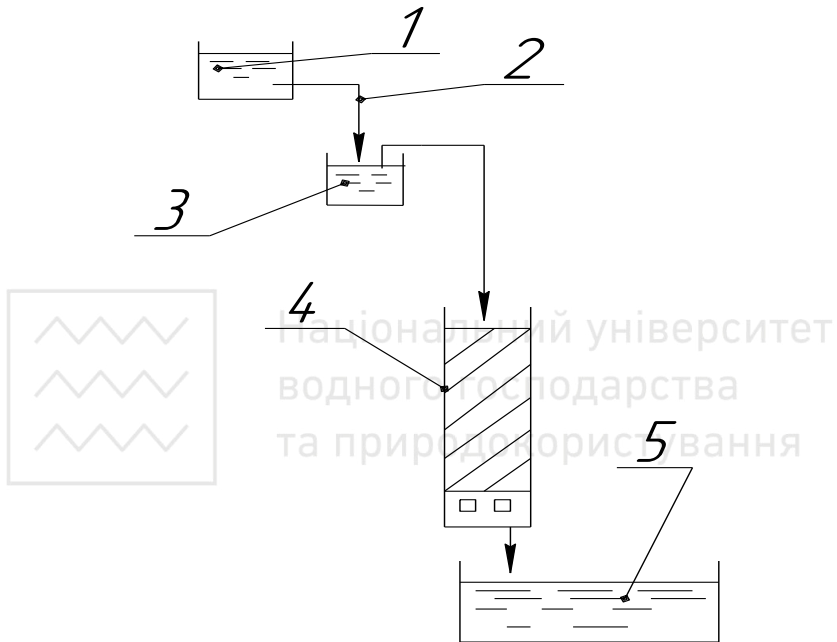


Рис. 3.1. Схема лабораторної установки для визначення окисної здатності біофільтра: 1 – бак з модельною водою; 2 – регулюючий кран; 3 – бак-дозатор; 4 – модель біофільтра; 5 – приймальний бак.

Хід виконання роботи.

У бак 1 наливають воду, яка містить сульфід натрію. Краном 2 встановлюють розрахункову витрату води, яка подається на біофільтр. Розрахункову витрату визначають, виходячи з гідравлічного навантаження ($1-3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$). Відбирають пробу води, в якій визначають концентрацію сульфід натрію.



Через 30-60 хвилин після пуску в роботу на виході з біофільтрів відбирають пробу води, в якій визначається концентрація сульфату натрію. По різниці концентрацій сульфату натрію у воді до та після біофільтра та за витратою води визначають окисну здатність:

$$O_3 = \frac{(C_{en} - C_{ex}) \cdot Q \cdot 0,2}{W}, \text{ кг/л} (\text{м}^3 \cdot \text{добу}),$$

де C_{en} - початкова концентрація сульфату натрію в воді, мг/л (кг/м³); C_{ex} - концентрація сульфату натрію в воді після біофільтра, мг/л (кг/м³); W - об'єм завантаження біофільтра, м³; Q - витрата води, м³/добу.

Об'єм завантаження підраховують після вимірювання діаметра та висоти завантаження.

Концентрацію сульфату натрію в пробі визначають за наступною методикою.

В конічну колбу наливають 10 мл 0,01 %-ного розчину йоду і дають піпеткою 1-100 мл води, що аналізується. Через 2-3 хвилини додають 2 мл сірчаної кислоти концентрацією 1:3 та титрують надлишок йоду 0,01 %-ним розчином тіосульфату натрію. Як індикатор використовують крохмаль. Одночасно титрують розчином тіосульфату натрію 10 мл 0,1 %-ного розчину йоду, добавленого до 100 мл дистильованої води. Концентрацію тіосульфату натрію визначають за формулою:

$$Na_2SO_3 = \frac{(a - b) \cdot k \cdot N \cdot 40,03 \cdot 1000}{V}, \text{ мг/л},$$

де a і b – об'єм тіосульфату натрію, який пішов на титрування, відповідно, дистильованої води і проби, що аналізується, мл; k – поправочний коефіцієнт до нормальності розчину; N – нормальність розчину тіосульфату натрію; V – об'єм проби, що аналізується, мл; 40,03 – коефіцієнт перерахунку.

Результати дослідів наводять у табличній формі (табл. 3.1).

4. Лабораторна робота № 4

„ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНОЇ ЗДАТНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ КИСНЮ ПНЕВМАТИЧНИХ АЕРАТОРІВ”

(Тривалість роботи – 2 години)



Результати дослідів з визначення окисної здатності біофільтра

Назва показників	Модель біофільтра	
	№ 1	№ 2
Характеристики завантаження: матеріал висота, м площа, м ² об'єм, м ³		
Витрата води, мл/сек м ³ /добу		
Гідравлічне навантаження, м ³ /(м ² ·добу)		
Концентрація сульфату натрію у воді, мг/л перед біофільтром після біофільтра		
Окисна здатність, кг/(м ³ ·добу)		

Мета роботи – ознайомитись з методикою і визначити окисну здатність і коефіцієнт використання кисню дрібнобульбашкових та середньобульбашкових пневматичних аераторів.

Загальні положення.

Системи аерації призначені для забезпечення киснем мікроорганізмів активного мулу та перемішування суміші з метою підтримання активного мулу у плаваючому стані і рівномірного розподілу розчиненого кисню.

Коефіцієнт використання кисню – це кількість кисню, яка перейшла у рідину, у відсотках від поданого у аеротенк.

Окисна здатність системи аерації – це кількість кисню, який розчиняється в 1 м³ рідини за 1 годину, кг O₂/(м³/год).

При пневматичній аерації повітря подається повітродувками у мулову суміш через аератори у вигляді окремих бульбашок. З бульбашок, які піднімаються вгору, кисень переходить у воду шляхом дифузії.

Аератор призначений для подрібнення потоку повітря на окремі бульбашки. В залежності від розмірів пухирців повітря на виході з

аераторів системи аерації поділяються на дрібнобульбашкові ($d < 4$ мм), середньобульбашкові ($d = 4-10$ мм) та крупнобульбашкові ($d > 10$ мм).

Максимальне значення коефіцієнту масопередачі, i , відповідно, окисної здатності буде при розмірі бульбашок 2,0-2,5 мм. При збільшенні діаметра бульбашок окисна здатність зменшується, що обумовлюється зменшенням площі міжфазового контакту.

В процесі досліджень кількість кисню, який перейшов у воду визначають сульфітним методом. Суть цього методу полягає у окисленні киснем сульфіту натрію Na_2SO_3 у сульфат натрію Na_2SO_4 в присутності іонів кобальту (1 мг/л).

Концентрацію сульфіту натрію визначають за методикою наведеною у лабораторній роботі „Визначення окисної здатності біофільтра”.

Прилади, матеріали та реактиви.

Установка для визначення окисної здатності і коефіцієнта використання кисню пневматичних аераторів (рис. 4.1), а також посуд, реактиви і обладнання, як для лабораторної роботи „Визначення окисної здатності біофільтра”.

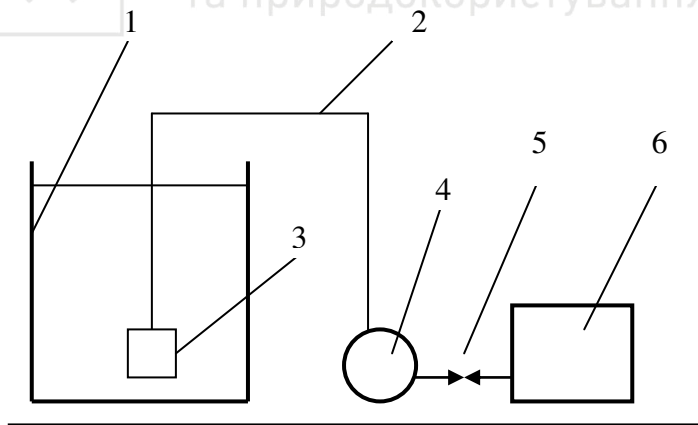


Рис. 4.1. Установка для визначення окисної здатності і коефіцієнта використання кисню: 1 – резервуар; 2 – повітропровід; 3 – пневматичний аератор; 4 – витратомір; 5 – кран; 6 – мікрокомпресор



Глибину занурення аераторів приймають 3-5 см. У лабораторній роботі досліджуються два види аераторів дрібно- та середньобульбашковий.

Хід виконання роботи.

Приготовлений розчин сульфату натрію наливають у резервуар. В резервуарі встановлюють один з аераторів, що досліджуються. Включають компресор і встановлюють розрахункову витрату повітря. Регулювання витрати повітря здійснюють краном. Після встановлення розрахункової витрати визначають початкову концентрацію сульфату натрію у воді. Далі концентрацію визначають через кожні 10 хв., до повного окислення сульфату натрію.

Окисну здатність розраховують для кожного інтервалу часу (Δt , год) і за весь період досліджень за формулою:

$$OZ = K_o (C_2 - C_1) / \Delta t,$$

де K_o – коефіцієнт, який враховує кількість кисню витраченого на окислення сульфату натрію; C_1 і C_2 – концентрація сульфату натрію у воді, мг/л; Δt – інтервал часу, год.

Коефіцієнт використання кисню пневматичними аераторами розраховують за формулою:

$$K = 100K_o (C_2 - C_1) V / 270 \cdot Q \cdot \Delta t),$$

де V – об'єм резервуару, м³; Q – витрата повітря, м³/год; Δt – інтервал часу, год; 270 – вміст кисню у повітрі, г/м³.

Результати досліджень зводимо у таблицю 4.1.

На основі отриманих результатів необхідно зробити висновки про ефективність застосування аераторів різних типів.

5. Лабораторна робота № 5

„ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ОПОРУ ОСАДУ ФІЛЬТРАЦІЇ” (Тривалість роботи – 2 години)

Мета роботи – ознайомити студентів із методикою визначення питомого опору осаду, дати можливість оцінити водовіддачу



різних осадів, навчити використовувати отримані результати при розрахунку споруд для механічного зневоднення.

Таблиця 4.1

Результати досліджень з визначення окисної здатності і коефіцієнта використання кисню

Номер досліджу	Номер проби	Час, хв.	Інтервал часу Δt , хв.	Концентрація сульфиту натрію, мг/л		Окисна здатність, кг/(м ³ ·год)	Коефіцієнт використання кисню, %
				C_1	C_2		
Середньобульбашковий аератор							
I	1	0	-				
	2	10	10				
	3	20	10				
	4	30	10				
Дрібнобульбашковий аератор							
II	1	0	-				
	2	10	10				
	3	20	10				
	4	30	10				

Загальні положення.

Характеристикою водовіддачі осадів є їх питомий опір фільтрації. Питомим опором осаду називається опір одиниці маси твердої фази, що відкладається на одиниці площі фільтру при фільтруванні під постійним тиском рідкої фази із в'язкістю рівною одиниці.

Головним завданням обробки осадів є отримання безпечного у санітарному відношенні і придатного до транспортування продукту.

Через велику кількості колоїдних речовин осади погано віддають воду і тому можуть бути віднесені до важкофільтрованих суспензій. На водовіддачу осадів впливають їх вологість, співвідношення



вільної і зв'язної води, ступінь дисперсності частинок твердої фази, хімічний склад, структура, в'язкість осаду та деякі інші чинники.

Дисперсна фаза осадів складається із частинок органічного і мінерального походження різних розмірів, форми і властивостей.

Сполуки заліза, алюмінію, хрому, міді, кислоти і луги сприяють інтенсифікації водовіддачі осадів, азотисті сполуки, волокнисті речовини погіршують водовіддачу.

При розрахунку мулових майданчиків і споруд для механічного зневоднення слід, при можливості, дослідним шляхом визначити водовіддачу осадів.

Питомий опір осаду визначається дослідним шляхом і обчислюється за формулою:

$$r = \frac{2P \cdot F^2}{\eta C} b, \text{ см} / \text{с},$$

де P – вакуум, при якому відбувається фільтрування, Па; F – площа фільтруючої поверхні, см^2 ; η – в'язкість фільтрату (приймається рівною в'язкості води $\eta = 0,01$ Пз); C – концентрація осаду, $\text{г}/\text{см}^3$; b – параметр, що залежить від умов дослідів, $\text{сек}/\text{см}^6$.

Величину параметру b визначають графічно, як тангенс кута нахилу прямої, побудованої в координатах $x = V$, $y = t/V$, або аналітично, як середнє із трьох чи більше значень, обчислених за формулою:

$$b = \frac{t}{V^2},$$

де t – тривалість фільтрування, с; V – об'єм фільтрату, що утворився, см^3 .

На практиці визначення питомого опору осаду здійснюється при постійних значеннях F , η і P , тобто: $2PF^2/\eta = k$.

$$\frac{2P \cdot F^2}{\eta} = k.$$

У цьому випадку формула для визначення питомого опору осаду фільтрації набуде вигляду:



$$r = k \cdot b / C.$$

Таким чином, для визначення питомого опору осаду фільтрації необхідно в лабораторних умовах знайти концентрацію осаду C і визначити параметр b .

Чим більшою виявиться величина питомого опору, тим меншою є швидкість віддачі води осадом. Маючи конкретні значення питомого опору для сирих, зброджених у різних режимах і зкоагульованих осадів, можна зробити висновки щодо впливу способів обробки осадів на їх водовіддачу, визначити кількість води, яка необхідна для промивання зброджених осадів перед зневодненням на вакуум-фільтрах чи фільтрпресах.

Прилади, устаткування та матеріали.

Необхідне обладнання: установка для визначення питомого опору осадів (рис. 5.1), секундомір, мірний циліндр на 200-250 мл, аналітична вага, паперові фільтри.



Рис. 5.1. Схема установки для визначення питомого опору осадів: 1 – мірний циліндр; 2 – лійка Бюхнера; 3 – запірний кран; 4 – ємність для збирання фільтрату; 5 – вакуумметр; 6 – ресивер; 7 – вакуум-насос; 8 – електродвигун

**Хід виконання роботи**

У заздалегідь зважений мірний циліндр виливають призначений для аналізу осад і визначають його об'єм (беруть приблизно 200 см³ осаду). Визначають масу осаду, як різницю між масою циліндру з осадом і масою порожнього циліндру. Знаючи масу осаду і його об'єм, визначають густину ρ , г/см³. Одночасно визначають вологість осаду W , %. За відомою вологістю і густиною осаду визначають концентрацію осаду C , г/см³.

На дно лійки Бюхнера 2 вкладають фільтрувальну тканину, що раніше була у користуванні, обрізану по діаметру лійки. При відсутності тканини використовують подвійний паперовий фільтр. У лійку наливають 10-15 см³ чистої води і при відкритому запірному крані 3 на короткий час включають вакуум-насос, що забезпечує щільне прилягання фільтрувальної тканини до дірчастого дна лійки.

При закритому запірному крані 3 включають вакуум-насос і доводять вакуум до призначеної величини (400-500 мм рт. ст.). У лійку Бюхнера 2 виливають 200-300 мл. попередньо перемішаного осаду і відкривають запірний кран 3. При цьому відбувається часткове падіння вакууму, який потім доводять до заданої величини. В момент встановлення заданого вакууму (режиму) включають секундомір і записують початковий об'єм фільтрату в циліндрі 1, який надалі позначається як V_o . Подальше фільтрування відбувається при постійному вакуумі.

Об'єм фільтрату фіксується через кожні 10 с – 2 хв. у залежності від швидкості фільтрування. Дослід триває не більше 15-20 хв. до припинення надходження фільтрату чи появи тріщин у осаді.

Результати вимірювань і обчислень заносять у таблицю 5.1.

6. Лабораторна робота № 6**„ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ЗВ'ЯЗКУ ВОДИ ІЗ ЧАСТИНКАМИ
ТВЕРДОЇ ФАЗИ ОСАДІВ”**

(Тривалість роботи – 2 години)

Мета роботи – ознайомити студентів із методикою визначення форм зв'язку води із частинками твердої фази осаду, навчити



визначити межу можливого механічного зневоднення осадів, використовувати отримані результати при розрахунку споруд для механічного зневоднення і сушіння осадів.

Таблиця 5.1

Визначення питомого опору осаду фільтрації

Час t , с	Об'єм фільтрату, см^3		t/V , $\frac{c}{\text{см}^3}$	Параметр $b =$ $= t/V^2$ $\text{с}/\text{см}^6$	Концентрація осаду C , $\text{г}/\text{см}^3$	Параметр $K =$ $= \frac{2PF^2}{\eta}$, $\text{см}^4/\text{с}$	Питомий опір осаду r , $\text{см}/\text{г}$
	V^1	$V =$ $V^1 - V_0$					
1	2	3	4	5	6	7	8

Загальні положення.

Для вибору методу обробки осадів порад із визначенням питомого опору суттєве значення має вивчення механізму зв'язку води з твердими частинками осаду.

Волога може знаходитись у хімічному, фізико-хімічному і фізико-механічному зв'язку з твердими частинками, а також існувати у формі вільної води.

Хімічно зв'язана вода входить у склад речовин і не видаляється навіть при термічному сушінні осадів. При зневодненні на мулових майданчиків із осадів видаляється більша частина вільної вологи. Вакуум-фільтрування дозволяє видалити із осадів вільну вологу і незначну частину зв'язаної вологи. Трохи більшу частину зв'язаної вологи можна видалити центрифугуванням, при якому можливе порушення більш міцних видів зв'язків.

Для вивчення форм зв'язку вологи з частинками твердої фази найбільш прийнятним є метод теплового сушіння, який полягає у знятті і наступному аналізі кривих кінетики ізотермічного сушіння осаду, що будуються в координатах: «X» - вологість осаду; «Y» - інтенсивність сушіння (рис. 6.1)

На кривій можна виділити чотири ділянки. На ділянці *ab* відбувається прогрівання осаду, інтенсивність сушіння швидко зростає, однак випаровується тільки незначна частина вологи. На ділянці *bc*, що характеризує виділення фізико-механічно зв'язаної вологи, спостерігається пряmolінійна залежність зниження



інтенсивності сушіння осадку від його вологості. Це зниження відбувається внаслідок втрати частини енергії на подолання сил зв'язку води з твердими частинками. На ділянці gd залежність зниження інтенсивності сушіння від вологості осадку має криволінійний характер, що зумовлено подальшим зростанням витрат енергії на подолання фізико-хімічних зв'язків вологи і твердих частинок осадку.

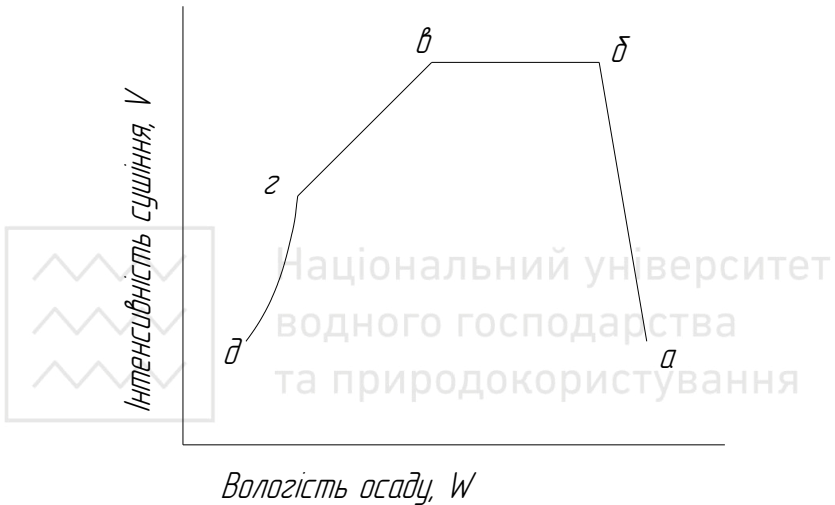


Рис. 6.1. Залежність інтенсивності сушіння від вологості осадку

Для характеристики процесів зневоднення найбільше значення має встановлення вологості осадку у точці b (так звана 1-а критична точка), тобто вологість осадку після видалення вільної вологи. Таким чином вологість у 1-й критичній точці визначає межу можливого механічного зневоднення осадку. Порівнюючи вологість у 1-й критичній точці до і після обробки можна встановити вплив коагуляції на перерозподіл форм вологи у осадах.

Обладнання, прилади і матеріали.

Необхідне обладнання: технічна вага ВЛК-500М, прилад для вимірювання інтенсивності сушіння ВЛВ-100Г, металева чи фарфорова чашка з плоским дном, секундомір.



Прилад ВЛВ-100Г являє собою блок для автоматичного підтримання постійної температури сушіння і сушильну камеру, обладнання двома лампами накаливання, що встановлюється над шалькою технічної ваги ВЛК-500М.

Хід виконання роботи.

У чашку з відомою масою наливають порцію попередньо перемішаного осаду шаром близько 10 мм. Після визначення маси чашки з осадом, її встановлюють на шальку технічної ваги, закривають сушильною камерою і включають блок автоматичного регулювання, що забезпечує підтримання температури у зоні сушіння протягом усього експерименту в межах $104 - 105^0\text{C}$.

У процесі сушіння порції осаду через кожні 5 хв. фіксується маса чашки з осадом. Дослід закінчується після припинення зміни маси осаду.

Швидкість сушіння осаду в момент часу t_i визначають за формулою ($\text{мг} / \text{хв} \cdot \text{см}^2$)

$$V_i = \frac{P_{i-1} - P_i}{\Delta t \cdot S} \cdot 1000,$$

а вологість осаду (%)

$$W_i = \frac{P_i - P_k}{P_i - P_q} \cdot 1000,$$

де P_i і P_{i-1} – відповідно маса чашки з осадом в момент часу t_i і t_{i-1} , г; Δt – інтервал часу між двома послідовними вимірюваннями маси чашки з осадом; S – площа поперечного перетину чашки, см^2 ; P_k – маса чашки, г.

Результати вимірювань і обчислень заносять в таблицю 6.1.

На основі отриманих даних будується крива в координатах: «X» – вологість осаду; «Y» – інтенсивність сушіння осаду, по якій встановлюється вологість осаду у 1-й критичній точці. Дослід повторюють на інших осадах (анаеробно і аеробно зброжених, зкоагульованих).



Таблиця 6.1

Визначення форм зв'язку води із частинками твердої фази осаду

Час t_i , хв.	Маса чашки з оса- дом, P_i , г	Интер- вал часу, Δt , хв	Площа попереч- ного перетину чашки, S , см ²	Швидкість сушіння осаду $V_i =$ $\frac{P_{i-1} - P_i}{\Delta t \cdot S}$ x1000, мг / хв · см ²	Вологість осаду $W_i =$ $\frac{P_i - P_k}{P_i - P_q}$ x1000, %
1	2	3	4	5	6

Література

1. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навчальний посібник. - Рівне: ВАТ "Рівненська друкарня", 2003.
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия помывленных сточных вод. - М.: Химия, 1984.
3. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1977.
4. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод: Учеб. Пособие для вузов / В.И. Калицун, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев. - 3-е изд., перераб. И доп. - М.:Стройиздат, 2001.

Зміст

- | | |
|--|----|
| Передмова | 3 |
| 1. Лабораторна робота №1 „Вивчення кінетики осідання завислих речовин” | 3 |
| 2. Лабораторна робота № 2 „Технологічний контроль і аналіз ефективності роботи діючих каналізаційних очисних споруд ДКП „Рівневода”” | 6 |
| 3. Лабораторна робота № 3 „Визначення окисної здатності біофільтра” | 17 |



Національний університет

4. Лабораторна робота № 4 „Визначення окисної здатності і коефіцієнта використання кисню пневматичних аераторів” 19
5. Лабораторна робота № 5 ”Визначення питомого опору осаду фільтрації” 22
6. Лабораторна робота № 6 „Визначення форм зв’язку води із частинками осаду” 26



Національний університет
водного господарства
та природокористування