

УДК 628.356.3

**МОНІТОРИНГ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АЕРОТЕНКІВ НА ЛЬВІВСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ****В. Т. Шандрович, М. С. Мальований, І. П. Полюжин**

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: mmal@lp.edu.ua

Проаналізовано роботу загальноміських очисних споруд м. Львова. Проведено аналіз роботи каналізаційних очисних споруд № 2 міста Львова за даними, отриманими в хіміко-бактеріологічній лабораторії львівського міського комунального підприємства «Львівводоканал». Виходячи із цих даних можна вести мову про можливість господарсько-побутового використання отриманої на виході з очисних споруд води. Також досліджено роботу аеротенків цих же очисних споруд шляхом проведення контрольних вимірювань концентрацій розчиненого кисню та амонію у них. Після аналізу отриманих результатів та порівняння їх зі значеннями концентрацій, що вимірюються вимірювальною апаратурою очисних споруд, можна зробити висновок про недостатньо ефективну роботу аеротенків каналізаційних очисних споруд № 2. Також надано рекомендації щодо покращення їх роботи задля досягнення високого рівня очищення стічних вод.

**Ключові слова:** очищення, аеротенк, стічна вода, амоній, розчинений кисень.

**МОНІТОРИНГ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АЭРОТЕНКОВ НА ЛЬВОВСКИХ ОЧИСНЫХ СООРУЖЕНИЯХ****В. Т. Шандрович, М. С. Мальований, І. П. Полюжин**

Національний університет «Львівська політехніка»

ул. Степана Бандери, 12, г. Львов, 79013, Україна. E-mail: mmal@lp.edu.ua

Проаналізована робота общегородских очистных сооружений г. Львов. Проведен анализ работы канализационных очистных сооружений № 2 города Львова по данным, полученным в химико-бактериологической лаборатории львовского городского коммунального предприятия «Львовводоканал». Исходя из этих данных можно говорить о возможности хозяйственно-бытового использования полученной на выходе из очистных сооружений воды. Также исследована работа аэротенков этих же очистных сооружений путем проведения контрольных измерений концентраций растворенного кислорода и аммония в них. После анализа полученных результатов и сравнения их со значениями концентраций измеряемых измерительной аппаратурой очистных сооружений, можно сделать вывод о недостаточно эффективной работе аэротенков канализационных очистных сооружений № 2. Также даны рекомендации по улучшению их работы для достижения высокого уровня очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** очистка, аэротенк, сточная вода, аммоний, растворенный кислород.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** За свідченням фахівців, сьогодні в Україні чверть каналізаційних очисних споруд та мереж у вартісному вираженні відпрацювала термін амортизації [1].

Більшості працюючих каналізаційних очисних споруд притаманна низка недоліків. Головною причиною їх виникнення є застарілі технології, що використовуються в системах очищення. Зокрема, характерними ознаками для більшості станцій є низька енергоефективність, низький рівень очищення стоків та невіршені питання утилізації активного мулу [2].

Визначальним на наш час є метод біологічного очищення стічних вод. Найпоширенішими спорудами, де відбувається цей процес, є аеротенки, робота яких ґрунтується на використанні активного мулу. Аеротенки мають незаперечні позитивні якості, що особливо виявляються під час очищення побутових стічних вод: це їхня конструктивна простота, надійність у роботі (коли очищаються стабільні, нетоксичні та помірно концентровані за забрудненням стічної води), відносна дешевизна обробки води, можливість застосування для очищення стічних вод різного складу, тощо [3].

Для очищення стічних вод широко застосовуються аеротенки, що працюють у комплексі із вто-

ринними відстійниками. Роль вторинних відстійників у комплексі біологічного очищення стічних вод полягає в затриманні мікроорганізмів активного мулу, що надходять у мулову суміш з аеротенків.

Активний мул, що поступає у вторинний відстійник, відділяється від води, частина мулу, що випала в осад, повертається назад до аеротенку (зворотній мул), а інша частина (надлишковий мул) подається на споруди для обробки осаду [4, 5].

Ефективність процесу очищення в аеротенках, стан та окислювальна здатність активного мулу визначаються низкою умов, до яких належать: склад та властивості стічних вод, гідродинамічні умови перемішування, співвідношення кількості поданих забруднень та життєздатного мулу, кисневий режим у споруді, температура та активна реакція середовища, наявність елементів живлення, присутність активаторів або інгібіторів процесу [6].

Мета роботи – моніторинг ефективності роботи аеротенків на Львівських очисних спорудах.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Нами досліджувалась ефективність роботи каналізаційних очисних споруд (КОС) м. Львова. Очисні споруди м. Львова складаються з двох частин (КОС1 та КОС2) (рис. 1), які знаходяться в безпе-

редній близькості, в північно-східній частині міста (табл. 1) [7].

Таблиця 1 – Очисні споруди м. Львова

Очисні споруди м. Львів	Гідравлічна потужність (тис. м <sup>3</sup> /добу)	Фактична кількість стічних вод (тис. м <sup>3</sup> /добу)
Споруда 1	140	100
Споруда 2	350	300
Очисні споруди сумарно	490	Біля 400

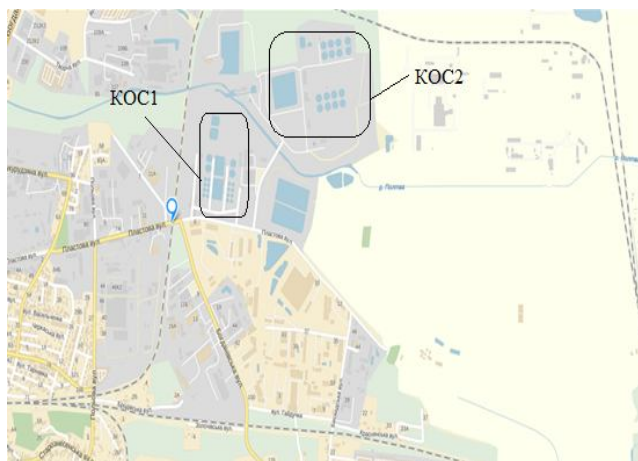


Рисунок 1 – Карта розташування каналізаційних очисних споруд м. Львова

Господарсько-побутові, виробничі та дощові стічні води (СВ) міста закритим колектором (р. Полтва) потрапляють на КОС. Загальна проектна потужність Львівських КОС, як видно з табл. 1, дорівнює 490 тис.м<sup>3</sup>/добу. Середньодобове очищення стічних вод – 440 тис. м<sup>3</sup>/добу.

За складом стічні води (СВ), що надходять на КОС1, належать до промислово-побутових, а на КОС2 – переважно до побутових.

Нами проводилось дослідження в аеротенках КОС2. Очищення стічних вод на КОС2 полягає у первинному механічному очищенні (пісколовки, механічні решітки, первинні відстійники) та біологічному очищенні в аеротенках із використанням мікроорганізмів активного мулу. Після аеротенків водно-муловий потік потрапляє у вторинні відстійники, де завислі частинки активного мулу осаджуються і одна частина перекачується в аеротенки для підтримання процесу, а інша надходить спочатку на зневоднення а після цього вивозиться на мулові майданчики. Мул зневоднюється в цеху механічного зневоднення мулу з використанням центрифуг. Очищені стоки після вторинних відстійників скидаються у р. Полтву.

Для оцінки ефективності роботи аеротенків розглянуто середньомісячні дані роботи лінії КОС2 хіміко-бактеріологічної лабораторії, львівського міського комунального підприємства «Львіводоканал» (табл. 2).

Таблиця 2 – Середньомісячні дані про роботу КОС2 м. Львова (серпень 2014 р.)

2 1	3	4	5	6	7	8
1.1	20,7	20,7	20,7	20,7	28	20
1.2	7,36	7,36	7,31	7,27	6,5.. 8,5	6,5... 8,5
1.3	сірий	сірий	св. сірий	б/к	б/к	б/к
1.4	фек.	фек.	сл. фек.	б/з	б/з	б/з
1.5	2,4	2,5	3,7	23,5	–	–
1.6	6,4	6,3	1,5	сліди	–	–
1.7	142,0	142,0	123,2	109,0	300	350,0
1.8	1,102	–	0,866	0,0	–	0
1.9	7,4	7,3	6,6	5,8	–	–
2 1	3	4	5	6	7	8
1.10	25,9	25,9	19,2	1,55	0,5	2,0
1.11	0,090	0,090	0,128	0,282	0,08	3,3
1.12	–	–	–	11,9	40,0	45,0
1.13	–	–	–	4,04	≥ 4	≥ 4
1.14	78,0	75,0	28,8	14,4	–	–
1.15	238,0	236,0	147,0	14,6	–	≤15,0
1.16	316,5	313,8	195,5	19,4	–	–
1.17	700,0	-	400,0	60,0	–	≤80,0
1.18	754,0	746,0	731,0	723,0	–	-
1.19	392,0	387,0	380,0	375,0	500	500,0
1.20	0,0	–	0,0	0,0	0,001	0,05
1.21	0,0	–	0,0	0,0	0,005	0,1
1.22	2,2	–	1,2	0,37	0,05	0,3
1.23	10,0	–	8,0	0,0	0,05	0,3
1.24	252,72	–	89,72	49,39	100	500,0
1.25	4,8	–	2,3	0,8	–	3,5
1.26	0,0	–	0,0	0,0	0,01	0,1
1.27	0,0	–	0,0	0,0	0,01	1,0
1.28	2,1	–	0,75	0,0	0,2	не норм.
1.29	0,0	–	0,0	0,0	0,001	0,001
1.30	0,0	–	0,0	0,0	0,1	0,03
1.31	6,4	–	4,0	0,0	норм. за БСК	норм. за БСК

Пояснення: 1 – Показники: 1.1 – температура, °С; 1.2 – реакція середовища (рН); 1.3 – колір; 1.4 – запах; 1.5 – прозорість, 1.6 – осадок по об'єму, мг/дм<sup>3</sup>; 1.7 – хлориди, мг/дм<sup>3</sup>; 1.8 – сірководень,

мг/дм<sup>3</sup>; 1.9 – лужність, моль/дм<sup>3</sup>; 1.10 – азот амонійний, мг/дм<sup>3</sup>; 1.11 – нітрити, мг/дм<sup>3</sup>; 1.12 – нітрати, мг/дм<sup>3</sup>; 1.13 – розчинений кисень, мг/дм<sup>3</sup>; 1.14 – окислюємість, мг/дм<sup>3</sup>; 1.15 – БСК<sub>5</sub>, мг/дм<sup>3</sup>; 1.16 – БСК<sub>20</sub>, мг/дм<sup>3</sup>; 1.17 – ХСК, мг/дм<sup>3</sup>; 1.18 – густий залишок, мг/дм<sup>3</sup>; 1.19 – мінералізація, мг/дм<sup>3</sup>; 1.20 – хром загальний, мг/дм<sup>3</sup>; 1.21 – мідь, мг/дм<sup>3</sup>; 1.22 – залізо, мг/дм<sup>3</sup>; 1.23 – нафтопродукти, мг/дм<sup>3</sup>; 1.24 – сульфати, мг/дм<sup>3</sup>; 1.25 – фосфати, мг/дм<sup>3</sup>; 1.26 – нікель, мг/дм<sup>3</sup>; 1.26 – цинк, мг/дм<sup>3</sup>; 1.28 – СПАР, мг/дм<sup>3</sup>; 1.29 – феноли, мг/дм<sup>3</sup>; 1.30 – свинець, мг/дм<sup>3</sup>; 1.31 – жири, мг/дм<sup>3</sup>. 2 – Місце відбору проб: 3 – перед решітками; 4 – після пісковловлювача; 5 – після первинних відстійників; 6 – після загального виходу; 7 – ГДК у воді рибогосподарського призначення; 8 – ГДК у воді господарсько-побутового використання.

Порівняння отриманих на виході після КОС2 концентрацій забруднюючих компонентів із відповідним значенням ГДК не дає підстави стверджувати про повне очищення стічних вод на очисних спорудах та придатність очищених вод для господарсько-побутового та рибогосподарського водопостачання, оскільки за рядом показників (азот амонійний, нітрити та залізо) не досягається необхідний ступінь очищення згідно ГДК для рибогосподарського призначення очищених стічних вод.

В аеротенках на КОС2 нами проводилось вимірювання концентрації розчиненого кисню (РК) та амонію. Отримані результати наведені в табл. 3, де крім показів сенсора очисних споруд та потенціометричних вимірювань в лабораторії дано результати вимірювання кисню методом Вінклера для окремих проб на виході з аеротенку, отримані в хіміко-бактеріологічній лабораторії КОС.

Вимірювання кисню в аеротенках, які є трьохкоридорними, проводиться обладнанням фірми Endress+Hauser, зокрема як чутливі елементи використовуються два датчики марки COS 41, які розташовані на виході з першого коридору та на виході з аеротенку. Від датчиків, розташованих стаціонарно і занурених на глибину 50 см, сигнал поступає на пристрій реєстрації показів марки Liquisys M COM 223/253, який крім концентрації розчиненого кисню відображає покази температури СВ.

Для контрольних досліджень роботи аеротенку нами використовувалась така методика. Проби відбирались з допомогою пробовідбірника, який занурювався на глибину приблизно 50 см.

Вимірювання РК виконували в межах п'яти годин після відбору в умовах лабораторії, забезпечуючи мінімальний контакт повітря з пробою СВ, яку перемішували за допомогою магнітної мішалки марки ММ-5 (400 об./хв.).

Таблиця 3 – Концентрація розчиненого кисню в аеротенках КОС2

Аеротенк	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 6		
	II коридор	Вихід	II коридор	Вихід	II коридор	Вихід	II коридор	Вихід	II коридор	Вихід	II коридор	Вихід	
С(РК), мг/л	17.07.2013 р.												
	Покази сенсора очисних споруд		Покази киснеміра		Дані виміряні лабораторією		Покази сенсора очисних споруд		Покази киснеміра		Покази сенсора очисних споруд		
02.10.2014 р.													
Покази сенсора очисних споруд		Покази киснеміра		Дані виміряні лабораторією		Покази сенсора очисних споруд		Покази киснеміра		Покази сенсора очисних споруд		Покази киснеміра	
0,32		0,44		-		0,32		0,46		0,32		0,46	
0,26		0,41		0,96		0,26		0,35		0,26		0,41	
0,35		3,67		-		0,35		2,16		0,35		3,67	
3,64		2,33		3,12		3,64		3,64		3,64		2,33	
0,36		3,4		-		0,36		3,64		0,36		3,4	
4,82		0,54		2,24		4,82		2,12		4,82		0,54	
0,99		2,69		-		0,99		0,61		0,99		2,69	
6,16		1,73		1,68		6,16		2,21		6,16		1,73	
0,28		3,15		-		0,28		0,12		0,28		3,15	
1,69		2,6		2,56		1,69		1,23		1,69		2,6	
0,82		0,11		-		0,82		0,42		0,82		0,11	
0,80		0,37		0,37		0,80		0,39		0,80		0,37	

Перед кожним вимірюванням мембрану датчика промивали дистильованою водою від забруднення частинками активного мулу. Прилад марки sensIonb [8] калібрували згідно з інструкцією методами насичення води повітрям та максимально вологого повітря. Крім того, кожна проба води досліджувалась на вміст іонів амонію методом прямої потенціометрії із використанням портативного рН/ISE/mB/°C-метр марки sensIon™2 [9], обладнаний іоноселективним електродом (ISE) марки ЭЛИС-121 NH<sub>4</sub> та електродом порівняння марки ЭСр-10103 [10]. Для отримання калібрувальної залежності (рис. 2) за іонами

амонію використовували стандартні розчини хлориду амонію з рН<sub>4</sub> в діапазоні 2,5–4.

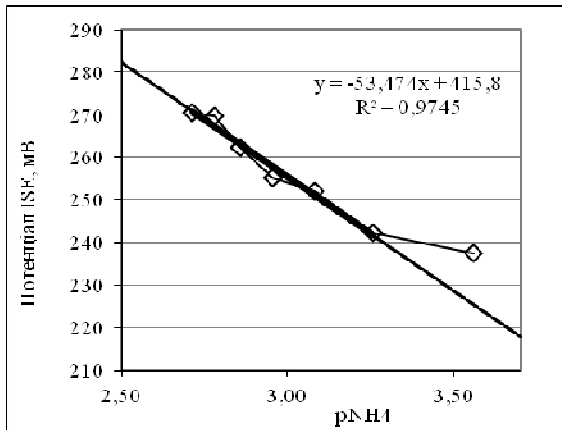
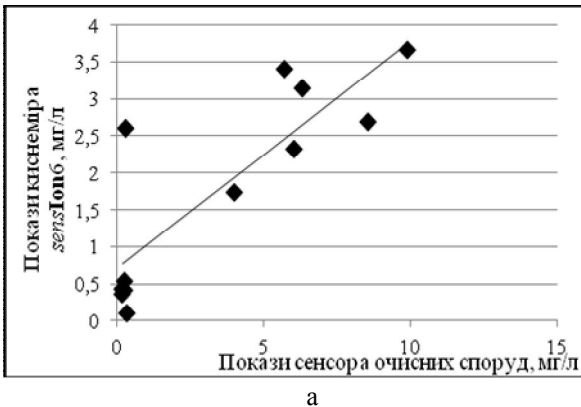
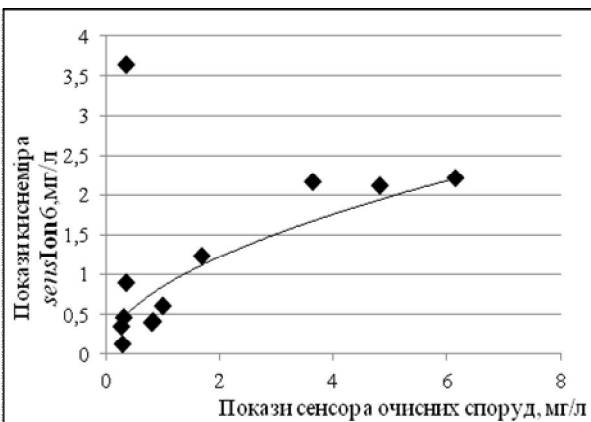


Рисунок 2 – Калібрувальний графік для визначення концентрації іонів амонію

З таблиці 3 видно, що покази киснеміра та приладу очисних споруд дещо відрізняються, а у деяких випадках відрізняються суттєво. Однак існує певна кореляція у співвідношенні між РК, виміряним датчиком очисних споруд та нами в лабораторних умовах, що представлено на рис. 3,а та 3,б.



а



б

Рисунок 3 – Співвідношення концентрації РК виміряного сенсорами очисних споруд та приладом марки sensIon6: а) 17.07.2013; б) 02.10.2014.

Краща відповідність у результатах вимірювань спостерігається для потенціометричних вимірювань та результатів хіміко-бактеріологічної лабораторії, які вимірюють РК методом Вінклера (рис. 4).

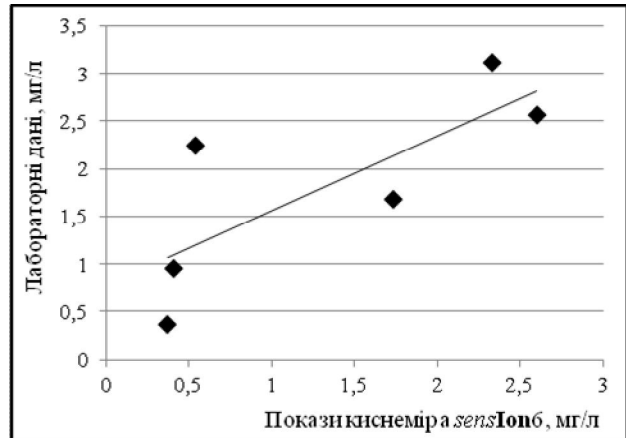


Рисунок 4 – Співвідношення потенціометричних вимірювань та результатів хіміко-бактеріологічної лабораторії

Найбільш ймовірним поясненням такої різниці можна вважати нестабільність показів стаціонарного приладу РК на очисних спорудах, що може бути зумовлено такими причинами. Мембрани у вольтамперометричних датчиках Кларка можуть забруднюватись активним мулом, потрапляння бульбашок повітря на мембрану може спричинити раптове збільшення показів концентрації РК. Крім того, для роботи таких датчиків необхідно забезпечити належний приплив води з загального об'єму, що як правило реалізується з допомогою веслових мікромішалок, якими обладнуються такі чутливі елементи (приклад YSI 5905 and 5010 BOD Probes, [11]). Більш доцільно в цьому випадку використовують сучасні оптичні датчики РК [12], які порівняно із пристроями Кларка мають низку переваг.

Якщо ж використовувати для вимірювання РК у стічних водах електрохімічні датчики, то доцільно організувати стаціонарний забір води з певних точок аеротенку і подавати її до датчиків, які розташовуються в спеціальних боксах, де забезпечено належні умови для роботи мембрани та усунено дифузійні проблеми вимірювання РК.

Результати також свідчать про те, що найвищі значення РК зафіксовані у другому аеротенку. Тому нами було вирішено дослідити профіль концентрації РК більш детально в межах другого аеротенку. Виміряні значення приведені на графіках нижче (рис. 5 і 6).

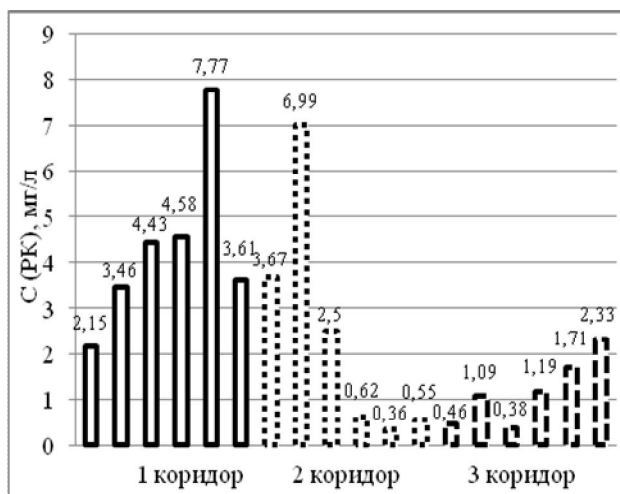


Рисунок 5 – Профіль концентрації РК в аеротенку № 2 (17.07.2013 р.)

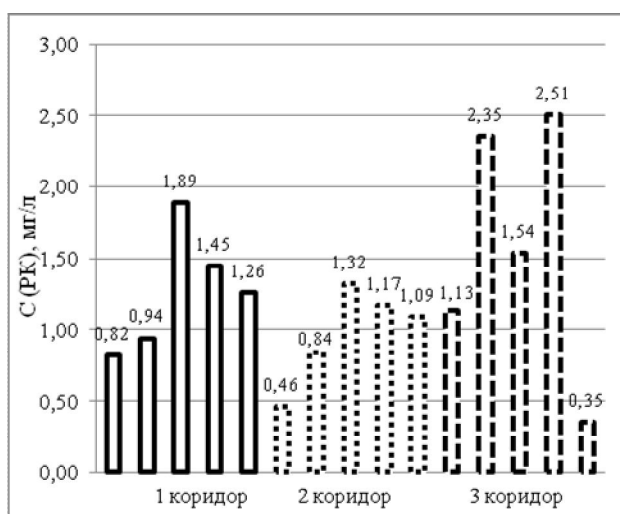


Рисунок 6 – Профіль концентрації РК в аеротенку № 2 (02.10.2014 р.)

З отриманих результатів можна зробити висновок, що не у всіх випадках концентрація РК є в границях значень, які забезпечують необхідний ступінь очищення. У деяких точках його забагато (9,9 мг/л), у інших занадто мало (0,18 мг/л), у той час, коли для нормальної аерації концентрація РК повинна бути в межах 2,0 мг/л. Існуючий же рівень аерації не забезпечує необхідного ступеня очищення стоків та веде до більших енергозатрат.

Для оцінки ефективності роботи аеротенків, було визначено концентрацію амонію у аеротенках у тих же точках, де визначалась концентрація РК. Отримані дані наведені нижче (табл. 4, рис. 7).

Таблиця 4 – Концентрація амонію у стічній воді аеротенків (02.10.2014 р.)

Номер аеротенка		C(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л
№ 1	II коридор	12,27
	Вихід	15,35
№ 2	II коридор	3,56
	Вихід	0,03
№ 3	II коридор	19,12
	Вихід	6,71

№ 4	II коридор	7,56
	Вихід	10,90
№ 5	II коридор	2,86
	Вихід	14,41
№ 6	II коридор	6,13
	Вихід	9,02

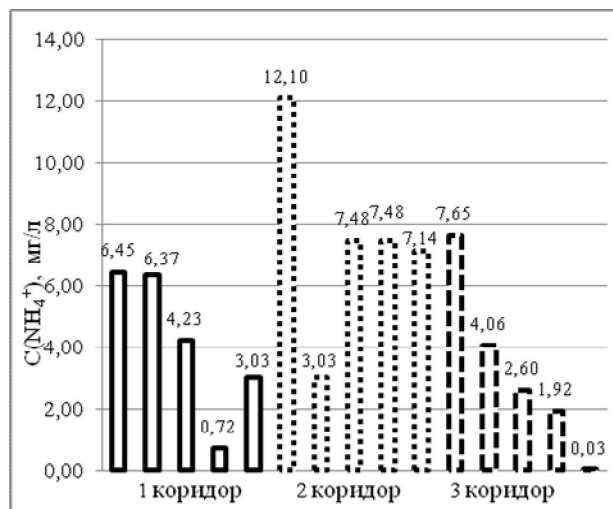


Рисунок 7 – Профіль концентрації РК в аеротенку № 2 (02.10.2014 р.)

За отриманими даними, можна говорити про недостатнє очищення аеротенками стічних вод. Лише у одному аеротенку (№ 2) на виході спостерігалась концентрація амонію нижча ГДК (ГДК амонійного азоту у воді господарсько-питного водопостачання і рибогосподарського призначення рівні 2,0 та 0,5 мг/л відповідно). А отже, після аеротенків стоки необхідно направляти на вторинні відстійники для зменшення концентрації амонійного азоту до допустимих норм.

Аналіз даних моніторингу свідчать про відсутність системності в організації процесу очищення стічних вод від іонів амонію. Перш за все, дані, приведені на рис. 5 і 6 не дають підстави стверджувати, що автоматичне регулювання постійного значення концентрації розчиненого кисню профілем аеренку є ефективним. Дані рис. 5 і 6 свідчать, що ця концентрація РК профілем аеротенку носить швидше випадковий характер. Це може бути пояснене або недосконалою системою роботи сенсорів, або недосконалою схемою автоматичного регулювання, або недосконалим встановленням системи подачі повітря в аеротенка, а швидше всього – спільною дією всіх цих факторів.

Однак навіть досягнення постійної концентрації РК профілем аеротенка не спричинить встановлення оптимальних умов окиснення іонів амонію із залученням мікробіологічного комплексу активного мулу – як відомо, швидкість окиснення і відповідно необхідна концентрація РК визначаються в першу чергу концентрацією іонів амонію, яка в системі оптимізації режиму очищення в очисних спорудах взагалі не приймається до уваги. Тому, на нашу думку, для досягнення належної оптимізації сенсори повинні вимірювати концентрацію іонів амонію, і залежно від її значення формувати керуючий сигнал

на подачу повітря в аеротенки та формування концентрації РК в стічній воді.

Що ж відноситься до профілю концентрації іонів амонію в аеротенку № 2 (рис. 7), то він також підтверджує відсутність системності роботи очисних споруд.

Перш за все за умови правильної організації роботи очисних споруд профіль концентрації іонів амонію в аеротенку повинен би мати монотонний спадаючий вигляд, однак в отриманому експериментальному профілі спостерігається суттєва випадкова складова. В першому та третьому коридорах згідно рис. 7 можна помітити закономірне зменшення концентрації амонію, однак видно також неузгодженість між концентрацією на виході з першого коридору, яка є меншою (3,03 мг/л), ніж на вході у третій коридор (7,65 мг/л). Аналіз профілю концентрацій іонів амонію у другому коридорі вказує на малу ефективність цієї ділянки аеротенку, оскільки концентрація в межах цього коридору є майже постійною і переважно міститься в інтервалі від 7,14 до 7,48 мг/л. Звертає на себе увагу добра узгодженість результатів вимірювання на виході з другого коридору (7,14 мг/л) та на початку третього коридору (7,65 мг/л). Рациональним поясненням такого розподілу концентрації амонію могло би бути те, що в другий коридор не узгоджено з технологічним циклом надходить потік свіжих стічних вод, наприклад з першого коридору через можливі придонні руйнування перегородки між першим та другим коридорами, а також внаслідок роботи переливів за умови потокових переважань аеротенку.

Таким чином, найбільш придатними для моделювання роботи коридору аеротенка можна вважати результати отримані в третьому коридорі, які добре апроксимуються модельним рівнянням [13] для потокового реактора (рис. 8):

(1)

де  $C(NH_4^+)$  – концентрація іонів амонію, мг/л; 9,29 – початкова концентрація іонів амонію ( $C_0$ , мг/л); -0,0262 – числовий коефіцієнт; L – довжина коридору аеротенку, м.

Час перебування СВ в цьому коридорі може бути розрахований за його геометричними розмірами (84×6×5 – довжина, ширина та глибина відповідно, об'єм – 2520 м<sup>3</sup>) та об'ємною витратою СВ (330 тис. м<sup>3</sup>/добу) і складає приблизно 11 хв.

Концентрація РК залишається приблизно однаковою (близько 1 мг/л) на всій довжині аеротенку і її середні значення у коридорах складають: в першому коридорі – 1,27 мг/л, в другому – 0,98 мг/л та в третьому – 1,58 мг/л. Постійність концентрацію РК довжиною аеротенку узгоджується з технологічним процесом очищення СВ, за якого повітря подається простям у всі коридори в розрахунковій кількості 10 м<sup>3</sup> повітря на 1 м<sup>3</sup> СВ. За умови мінералізації СВ 400 мг/л та температури 10 °С орієнтовна максимальна розчинність кисню у воді повинна бути рівною 9 мг/л.

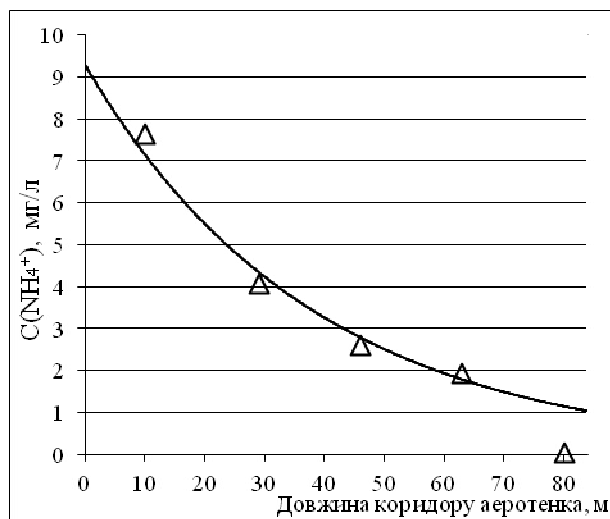


Рисунок 8 – Залежність концентрації амонію від довжини коридору аеротенка

Менший вміст кисню в порівнянні з максимальним за вказаних умов можна пояснити співвідношенням між подачею повітря та його споживанням в технологічному процесі.

**ВИСНОВКИ.** В результаті проведених вимірювань та отриманих результатів, можна зробити висновок, що після загального виходу очищена стічна вода має необхідну якість для наступного її господарсько-побутового використання, але не в повній мірі відповідає нормам для води рибогосподарського призначення. Робота аеротенків на КОС2 є недостатньо ефективною і потребує вдосконалення. Це вдосконалення повинно було б полягати у зміні системи подачі кисню в аеротенк залежно від керуючих сигналів сенсорів. Керуючі сигнали повинні були б формуватись на основі концентрацій іонів амонію, а не концентрацій РК.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гайченко В.А., Коваль Г.М., Буравльов Є.П. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: МАУП, 2006. – 440 с.
2. Концепція «Загальнодержавної програми розвитку та реконструкції централізованих систем водовідведення населених пунктів на 2012–2020 роки» від 22.08.2011 № 1004-р // Офіційний вісник України. – 2011. – № 79. – С. 41–42.
3. Святенко А.І., Корнійко Л.М. Важливість урахування особливостей біологічного очищення в аеротенках для поліпшення показників їх роботи. – Екологічна безпека. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 4/2009(8). – С. 93–96.
4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронцов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.
5. Таршиш М.С., Скирдов И.В. Моделирование на ЭВМ параллельной работы аэротенков-смесителей с учетом неравномерности распределения воды, воздуха и активного ила // Химия и технология воды. – 1987, т. 9. – № 2. – С. 25–27.

6. Скирдов И.В., Дмитриева Е.А. Влияние концентрации активного ила на скорость биохимического окисления // Очистка промышленных сточных вод. Труды ВНИИ ВОДГЕО: Сборник. – 1974. – Вып. 43. – с. 21-23.

7. Транскордонний менеджмент водного господарства в українсько-польському прикордонному регіоні басейну річок Західний Буг та Сян: Проект з надання консультативної допомоги FKZ 308 01 143 ДРЕБЕРІС. – Дрезден, 31 січня 2008 р.

8. Фірма «Hach» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hach.com/sension6-dissolved-oxygen-meter-with-do-probe-15-meter-cable-115-vac-docking-station/product?id=7640486673>.

9. Фірма «Hach» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hach.com/sension2-portable-ph-ise-meter-with-platinum-ph-15electrode/product?id=7640485680>.

10. Фірма «Измерительная техника», Росія: <http://www.izmteh.ru/elis/>.

11. Фірма «YSI Incorporated»: W6-5905-5010-BOD-Probes.pdf, <http://www.yei.com/media/pdfs/W6-5905-5010-BOD-Probes.pdf>.

12. Фірма «YSI Incorporated»: ysi the dissolved oxygen handbookw390909web.pdf.

13. Брайнес Я.М. Введение в теорию и расчеты химических и нефтехимических реакторов. Изд. 2. – М.: Химия, 1976. – 232 с.

## MONITORING OF AEROTANKS EFFECTIVENESS ON LVIV SEWAGE TREATMENT PLANTS

V. Shandrovykh, M. Malovanyy, I. Polyuzhyn

National University "Lviv Polytechnic"

st. Stepan Bandera, 12, Lviv, 79013, Ukraine. Email: mmal@polynet.lviv.ua.

It is analyzed the work of Lviv citywide sewage treatment plants. It is shown the analysis results of Lviv sewage treatment plants №2 based on data obtained in the chemical and bacteriological laboratory of Lviv city public utility "Lvivvodokanal." Based on these data we can talk about domestic use of output water, obtained from water treatment plants. Also, it is investigated the work of the aerotanks on the same treatment plants through control measurements of concentrations of dissolved oxygen and ammonia in them. After analyzing the results, and comparing them with the values of concentrations measured treatment facilities we can talk about not enough effective aeration of wastewater treatment plants №2. Paper also contains recommendations on how to improve their work in high-level waste water treatment.

**Key words:** purification, aeration tanks, waste water, ammonium, dissolved oxygen

### REFERENCES

1. Hajčenko, V.A., Koval', H.M. and Buravl'ov, Je.P. (2006), *Osnovy bezpeky žytjedijal'nosti ljudyiny* [Fundamentals safety of human life], Interregional Academy of Personnel Management, Kyiv, Ukraine.

2. Konceptija "Zahal'noderžavnoji prohramy rozvytku ta rekonstrukciji centralizovanyh system vodovidvedennja naselenykh punktiv na 2012–2020 roky", (2011), *Oficijnyj visnyk Ukraïny*, no. 1004-p, pp. 41–42.

3. Sviatenko, A.I., Kornijko, L.M., (2009) "The importance of taking into account the characteristics of biological treatment in aerotanks to improve their performance", *Ekologial safety*, no. 8, vol. 4, pp. 93–96.

4. Yakovlev, S.V., Karely'n, Ya.A., Laskov, Yu.M., Voronov, Yu.V., (1985), *Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod* [Purification industrial wastewater], Stroyizdat, Moscow, Russia.

5. Tarshish, M.S., Skirdov, I.V., (1987), "Computer simulation of parallel operation of aerotanks-mixers, taking into account the uneven distribution of water, air and activated sludge", *Himiya i tehnologiya vody*, no. 2, vol. 9, pp. 25–27.

6. Skirdov, I.V., Dmitrieva, E.A., (1974), "Influence of concentration of activated sludge on the rate of biochemical oxidation", *Sbornik "Ochistka promyshlennykh stochnykh vod: Trudy VNI VODGEO*, no. 43, pp. 21–23.

7. Zaklyuchnyj zvit (2008), «Transkordonnij menedzhment vodnogo gospodarstva v ukrajins'komu prykordonnomu regionu basejnu richok Zaxidnyj Bug ta Syan», *Proekt z nadannya konsul'tatyvnoyi dopomogy*, FKZ 308 01 143 DREBERIS.

8. Firma «Hach», (2014), available at: <http://www.hach.com/sension6-dissolved-oxygen-meter-with-do-probe-15-meter-cable-115-vac-docking-station/product?id=7640486673>, (accessed September 05, 2014).

9. Firma «Hach»: available at: <http://www.hach.com/sension2-portable-ph-ise-meter-with-platinum-ph-15electrode/product?id=7640485680>, (accessed September 05, 2014).

10. Firma «Izmeritelnaya tehnik», available at: <http://www.izmteh.ru/elis/>, (accessed September 18, 2014).

11. Firma «YSI Incorporated»: available at: <http://www.yei.com/media/pdfs/W6-5905-5010-BOD-Probes.pdf>, (accessed September 21, 2014).

12. Firma «YSI Incorporated»: available at: [ysi the dissolved oxygen handbookw390909web.pdf](http://www.yei.com/media/pdfs/W6-5905-5010-BOD-Probes.pdf), (accessed September 23, 2014).

13. Braynes, Ya.M., (1976), *Vvedenie v teoriyu i rascheti himicheskikh i neftehimicheskikh reaktorov* [Introduction to the theory and calculations of chemical and petrochemical reactors], Khimiya, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 13.01.2015.