

ДО ПИТАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕРОТЕНКІВ НА МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУДАХ БЕЗ РЕГЕНЕРАЦІЇ АКТИВНОГО МУЛУ

А. І. Святенко, Н. М. Дяденко, С. В. Бояр, М. І. Гученко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Наведено експлуатаційні дані споруд з очищення міських стоків. Визначено технологічні параметри експлуатації аеротенків на міських очисних спорудах з різним способом подачі стоків. Проаналізовано залежність між ефективністю очищення стічних вод та значеннями БСК_п стоків протягом розглядаємого періоду. Встановлено параболічну залежність між навантаженням на мул та муловим індексом аеротенках. Показано, що при значенні концентрації розчиненого кисню в аеротенках не менше 4,7 мг/дм³ можлива ефективна очистка стічних вод без проведення регенерації мулу при початковій забрудненості стоків за БСК до 300 мг/дм³. Розглянуто особливості зміни ефективності очищення стічних вод за БСК_п та завислими речовинами при змінненні навантаження на активний мул, режиму надходження стоків в аеротенки.

Ключові слова: аеротенк, біологічна очистка, регенерація активного мулу, концентрація розчиненого кисню, ефективність очищення.

К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОТЕНКОВ НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ БЕЗ РЕГЕНЕРАЦИИ АКТИВНОГО ИЛА

А. И. Святенко, Н. Н. Дяденко, С. В. Бояр, М. И. Гученко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Приведены эксплуатационные данные сооружений по очистке городских стоков. Определены технологические параметры эксплуатации аэротенков на городских очистных сооружениях с различным способом подачи стоков. Проанализировано зависимость между эффективностью очистки сточных вод и значениями БПК_п стоков в течение рассматриваемого периода. Установлено параболическую зависимость между нагрузкой на ил и иловым индексом в аэротенках. Показано, что при значении концентрации растворенного кислорода в аэротенках не менее 4,7 мг/дм³ возможна эффективная очистка сточных вод без проведения регенерации ила при начальной загрязненности стоков по БПК до 300 мг/дм³. Рассмотрены особенности изменения эффективности очистки сточных вод по БПК_п и взвешенными веществами при изменении нагрузки на активный ил, режима поступления стоков в аэротенке.

Ключевые слова: аэротенк, биологическая очистка, регенерация активного ила, концентрация растворенного кислорода, эффективность очистки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Останнім часом значно погіршилась якість води у відкритих водоймах України, у зв'язку з тим, що у них потрапляє велика кількість забруднювачів з підприємств та від населених пунктів. Забруднення стічних вод представлені органічними та завислими речовинами. Зменшення концентрацій вищевказаних речовин у водоймах є досить складним завданням, тому потребує ретельного вивчення.

Одним із шляхів поліпшення екологічного становища у країні є розробка заходів щодо удосконалення процесу біологічного очищення стоків. Найпоширенішими спорудами, де відбувається даний процес, є аеротенки, робота яких пов'язана з використанням активного мулу. Аеротенки мають незаперечні позитивні якості, що особливо виявляються під час очищення побутових стічних вод: це їхня конструктивна простота, надійність у роботі, відносна дешевизна обробки води тощо [1 – 3].

Аеротенки, що застосовуються при біологічному очищенні стічних вод, поділяють на аеротенки-змішувачі, в яких стоки та активний мул подаються по всій довжині споруди, аеротенки-витискувачі, в яких стічні води та активний мул подаються в голову споруди, на їх проміжні форми, в яких стоки та активний мул подаються назустріч один одному,

або один із компонентів подається по довжині споруди, а інший – в голову споруди. У літературі [4, 5] вказується на необхідність обліку структури потоків в аеротенках при дослідженнях. Дані підтверджують вплив гідродинамічного режиму на швидкість споживання органічних забруднень шляхом біохімічного окиснення при очищенні стоків в аеротенках. Без врахування особливостей гідродинамічного режиму не вдається адекватно описати процес біологічної очистки в аеротенках, тому даному питанню необхідно приділити особливу увагу [6].

Деякими дослідниками рекомендується подавати стоки в аеротенк не рівномірно, а з витратами, що постійно зменшуються за довжиною споруди, які з точністю співпадають із зменшенням концентрації мулу внаслідок розбавлення, що й дає змогу підтримувати навантаження на мул постійним [7].

Для інтенсифікації процесу біохімічного очищення стічних вод активний мул піддають регенерації. Застосування регенераторів підвищує продуктивність аеротенків, так як при цьому окислюються коагульованні мулом нерозчинні органічні речовини. Крім того, при регенерації мулу в ньому зростає число життєздатних мікроорганізмів і відмирає велика кількість бактерій, що перешкоджають осіданню мулу і знижують його допустиму дозу в ае-

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

ротенках. Процес регенерації – це окислення раніше сорбованих активним мулом забруднень та відновлення його активності [8, 9].

Метою роботи є дослідження процесу біологічного очищення стічних вод в реальних аеротенках з урахуванням особливостей гідродинамічного режиму з регенерацією активного мулу та без неї.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Режим роботи аеротенка визначається значеннями технологічних та конструкційних параметрів: об'ємом аеротенка, значенням коефіцієнта рециркуляції мулу, концентрацією розчиненого кисню, дозою активного мулу, гідродинамічним режимом потоку рідини в аеротенках, інтенсивністю аерації та ін. [10].

Аналіз режимів роботи правобережних очисних споруд КП «Кременчукводоканал», лабораторні дослідження та аналітична обробка статистичних даних дозволили виявити деякі особливості у процесі очищення стічних вод. У результаті спостереження за концентрацією вихідних стоків впродовж 2008 – 2012 рр. відмічається перевищення попередньо встановленого граничного значення БСК_п (150 мг/л), при якому можна отримати задовільні результати експлуатації споруд біологічного очищення стічних вод без регенерації активного мулу. Середня концентрація забруднень за БСК_п на вході в аеротенки очисних спорудах представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Середня концентрація забруднень за БСК_п на вході в аеротенки правобережних очисних спорудах м. Кременчука

Місяць	2008	2009	2010	2011
Січень	279,6	140,4	192,4	170
Лютий	235	122,2	159,9	171,6
Березень	264,8	131,7	144,8	170,6
Квітень	291,5	144,6	150,8	166,4
Травень	309,4	166,4	130	141,7
Червень	282,8	128,7	190,3	173,7
Липень	268,1	127,4	139,2	101,4
Серпень	269,1	159,9	221	153,4
Вересень	248,3	176,3	193,3	288,8
Жовтень	283,9	150,8	186,4	156
Листопад	316,3	193,1	180,4	156
Грудень	264,3	156	209	135,2

Середньодобові маси забруднень за БСК_п на вході та виході з правобережних очисних споруд наведено в таблиці 2.

На очисних спорудах експлуатується три двокоридорних аеротенки з можливістю розосередженої або зосередженої подачі стоків по довжині аеротенка. Відповідно до результатів експлуатації очисних споруд правобережної частини м. Кременчука у 2010 році було запропоновано здійснювати зосереджену подачу стічних вод лише у перше зливне вікно, яке знаходиться на початку аеротенку. Таким чином, аеротенки були переведені на схему роботи по принципу аеротенків – витискувачів. Було визначено навантаження на активний мул у кожному з трьох аеротенків, яке є однією з основних харак-

теристик технологічного процесу очищення стоків.

Навантаження на активний мул q визначають за формулою (1):

$$q = \frac{24 \cdot (L_n - L_k)}{a_i \cdot (1 - S) \cdot \tau_{at}}, \quad (1)$$

де L_n, L_k – концентрація БСК_{повне} відповідно на вході та на виході з аеротенка, мг O₂/л; a_i – доза мулу, г/дм³; S – зольність активного мулу, приймається 0,3; τ_{at} – час аерації, год.

Здійснено обробку експериментальних даних, яка свідчить, що існує параболічна залежність між навантаженням на мул та муловим індексом, який характеризує седиментаційні властивості мулу.

На рис. 1–3 наведено залежності мулового індексу, J , см³/г, від навантаження на активний мул, q , мг БСК/г·добу, окремо у кожному з трьох аеротенків правобережної частини м. Кременчука.

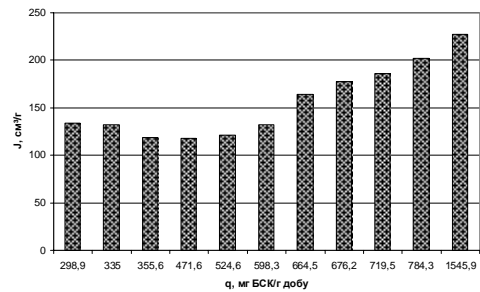


Рисунок 1 – Залежність мулового індексу від навантаження на активний мул (аеротенк 1)

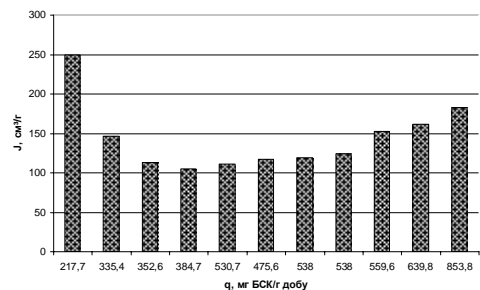


Рисунок 2 – Залежність мулового індексу від навантаження на активний мул (аеротенк 2)

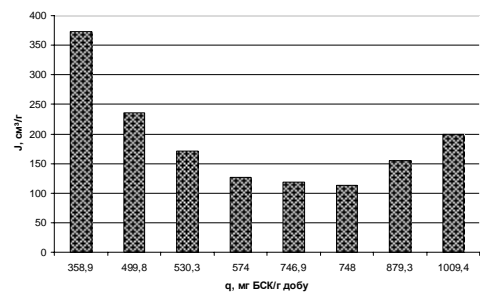


Рисунок 3 – Залежність мулового індексу від навантаження на активний мул (аеротенк 3)

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Таблиця 2 – Середньодобова маса за БСК_п на вході та виході з очисних споруд у період з 2009 по 2012 рік

Місяці року	2009 (т)		2010 (т)		2011 (т)		2012 (т)	
	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід	Вхід	Вихід
Січень	2,07	0,08	2,79	0,06	2,31	0,06	3,9	0,09
Лютий	3,6	0,05	2,31	0,05	2,41	0,05	3,7	0,07
Березень	3,7	0,07	2,1	0,06	2,13	0,06	2,9	0,06
Квітень	3,5	0,08	2,16	0,06	2,11	0,06	3,4	0,09
Травень	3,4	0,05	1,79	0,03	1,83	0,035	3,9	0,08
Червень	2,9	0,04	2,36	0,04	2,25	0,04	3,8	0,08
Липень	3,2	0,05	1,79	0,04	1,58	0,04	3,4	0,09
Серпень	3,8	0,06	2,78	0,07	2,81	0,05	3,1	0,08
Вересень	5	0,06	2,57	0,06	3,76	0,07	3,5	0,06
Жовтень	4	0,06	2,75	0,07	1,99	0,065	3,3	0,08
Листопад	4,8	0,05	2,66	0,06	1,93	0,06	3,9	0,07
Грудень	3,9	0,08	3,15	0,07	1,61	0,06	3,2	0,07

При аналізі міських очисних споруд дуже важливо знати динаміку зміни добових витрат стічних

вод, яку наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Динаміка зміни добових витрат стічних вод на правобережних очисних спорудах м.Кременчука в період з 2008 по 2012 рік

Місяці року	2008	2009	2010	2011	2012
Січень	18136,9	14765	14487	13017,5	11883,2
Лютий	18830,6	15109	14411	14023	13145,1
Березень	18325,7	14143	14530	12468,5	12227,1
Квітень	18430,4	13801	14312	12863,7	11780,4
Травень	16860,5	12478	13769	12839,9	11979,3
Червень	15177,6	11736	12414,4	12942,3	12176
Липень	13332,9	12894	12835,7	12663,1	12055,5
Серпень	12176,1	12732	12574,5	11806,8	11725,4
Вересень	12294,6	12529	13355,4	12998,6	11765,3
Жовтень	13065,2	13309	14735,8	12788,1	12060,5
Листопад	13565	14153	14764,9	12951,2	12389,4
Грудень	14238,1	14193	15086,6	12019	11903,8

Як видно із графіків (рис.1-3) у кожному аеротенку спостерігається різне значення навантаження на мул: для першого аеротенка величина мулового індексу дорівнює 120 см³/г при оптимальному навантаженні на активний мул 480 мг БСК/г · добу, для другого – $J = 105 \text{ см}^3/\text{г}$ при значенні навантаження 390 мг БСК/г·добу, для третього – $J = 115 \text{ см}^3/\text{г}$. При значенні оптимального навантаження 746 мг БСК/г·добу.

Ефективність процесу біологічного очищення в

аеротенку залежить від ряду чинників, серед яких не останню роль відіграє вміст розчиненого кисню, що використовується мікроорганізмами у процесі життєдіяльності. Як відомо, для ефективної роботи аеротенка мінімальний вміст кисню повинен становити 2 мг/дм³.

У таблиці 4 наведено фактичні значення концентрації розчиненого кисню по довжині двокоридорного аеротенка на очисних спорудах.

Існує пропорційність між швидкостями

Таблиця 4 – Динаміка зміння концентрації розчиненого кисню по довжині двокоридорного аеротенка

№ точки відбору проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Довжина аеротенка, L, м	0,3	6,8	13,6	20,4	27,2	34	45,8	52,3	59,1	65,9	74
Концентрація розчиненого кисню, мг/дм ³	1,14	2,0	2,3	2,6	2,7	2,8	3,1	4,0	4,9	5,4	5,7

споживання органічних сполук та кисню. На початку аеротенка відбувається інтенсивне споживання органічних забруднень та кисню. У другому ко-

ридорі аеротенка спостерігається підвищення вмісту кисню внаслідок зменшення швидкості його споживання. В таблиці 5 представлено концентра-

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

цію кисню на виході з аеротенків на міських очисних спорудах.

Таблиця 5 – Концентрація розчиненого O₂ на виході з аеротенків

Місяць	2009	2010	2011	2012
Січень	7,9	5,82	4,96	6,31
Лютий	7,3	6,19	5,32	7,38
Березень	8,2	6,7	5,12	6,29
Квітень	6,92	4,71	5,08	4,7
Травень	5,6	5,59	5,36	4,7
Червень	5	3,5	4,25	3,78
Липень	3,5	2,99	3,52	4
Серпень	3,7	3,5	4,1	3,92
Вересень	3,5	4,8	4,03	4,06
Жовтень	3,86	4,1	4,02	3,95
Листопад	4,83	4,3	5,06	5,13
Грудень	5,26	4,98	5,76	5,07
Середнє	5,46	4,76	4,7	4,94

Динаміку зміни концентрації розчиненого кисню у муловій суміші на виході з аеротенків правобережної частини м. Кременчука в період з 2009 по 2012 рік наведено на рисунку 4.

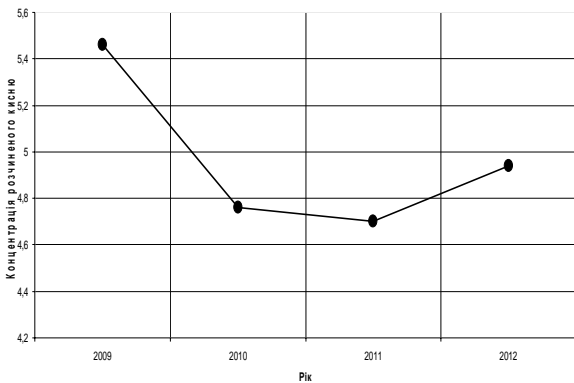


Рисунок 4 – Динаміка зміни концентрації розчиненого кисню у воді на виході з аеротенків правобережної частини м. Кременчука в період з 2009 по 2012 рік

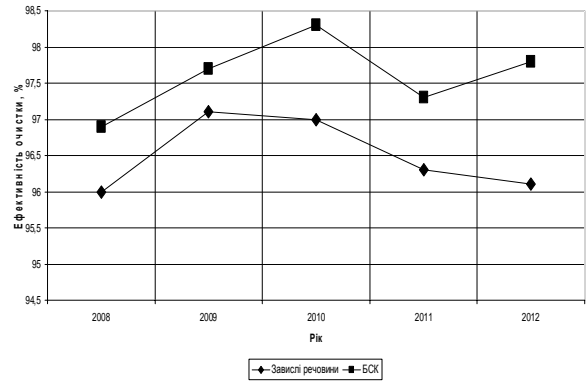


Рисунок 5 – Динаміка зміни ефективності очищення стоків на правобережних очисних спорудах м. Кременчука в період з 2008 по 2012 рік

Концентрація кисню в аеротенках впродовж усього періоду досліджень спостерігалась на досить високому рівні (не менше 4,7 мг/дм³), що забезпечував необхідний запас кисню при відокремлюванні активного мулу від очищеної води у вторинних відстійниках. Вищевказаний факт відіграє важливу роль у збереженні ферментативної активності мулу протягом процесу очищення.

Як свідчать результати обробки отриманих даних за період роботи міських очисних споруд із розосередженою подачею стічних вод в аеротенки впродовж 2009 року середня ефективність очищення за БСК_n становила 97,7 %. У той же час при зосередженій подачі стоків у аеротенки ефективність очищення за вищевказаним показником складала 98,3 %, тобто на 0,6 % більше (рисунок 5). Ефективність роботи правобережних очисних споруд у період з 2008 по 2012 рік м.Кременчука представлено в таблиці 6.

Наведені дані свідчать, що у вищевказаний період ефективність очищення є досить високою. Ця обставина дозволяє виконувати нормативи на скид завислих та органічних речовин у водойми.

Таблиця 6 – Ефективність роботи правобережних очисних споруд м. Кременчука

Місяць	Ефективність очищення за БСК _n , %					Ефективність очищення за завислими речовинами, %				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
Січень	96,1	97	98,8	97	97,7	97,4	95	97,1	95,1	95,6
Лютий	95,4	98	99	96,7	98	92,7	95,8	97,5	96,2	95,5
Березень	96,2	97,4	98	97,4	98	94,6	96,1	97	96,4	95,1
Квітень	97	96,8	98,2	96,7	97,4	96	96,5	96,3	95,8	94,7
Травень	97,3	97,9	98,3	97,5	97,9	95,6	97,7	96,5	96,8	96,5
Червень	97,3	97,9	98,3	97,1	97,8	97,5	98,2	97,2	95,3	97,1
Липень	96,5	97,8	98	96,2	97,3	97,1	98,6	97,3	97,6	96,6
Серпень	97,1	97,9	97,9	97,4	97,4	96,7	97,6	97,8	96,7	96,2
Вересень	96,6	98,4	98,9	97,8	98,2	97	97,6	97,5	96,5	96,5
Жовтень	97,6	98	98	96,9	97,5	97,6	98	96,3	95,9	96,4
Листопад	97,7	98,5	98,5	98,6	98,2	96,4	97,4	97,1	96,2	97,8
Грудень	97,5	97,2	97,3	98,4	97,8	96,6	96,6	96,1	97,2	96,3
Середньорічне	96,9	97,7	98,3	97,3	97,8	96	97,1	97	96,3	96,1

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

ВИСНОВКИ. Таким чином, у роботі проаналізовано технологічні параметри експлуатації аеротенків на міських очисних спорудах з різним способом подачі стоків. Показано, що при значенні концентрації розчиненого кисню в аеротенках не менше 4,7 мг/дм³ можлива ефективна очистка стічних вод без проведення регенерації мулу при початковій забрудненості за БСК від 150 до 300 мг/дм³.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про Загальнодержавну цільову програму "Питна вода України" на 2011-2020 роки» // Офіційний вісник України, 2011. – № 24.
2. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. – М.: Высш. шк., 1978. – 268 с.
3. Карелин Я.А., Жуков Д.Д., Репин Б.Н. Очистка производственных сточных вод в аэротенках. – М.: Стройиздат, 1973. – 223 с.
4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод: Учебное пособие для вузов. Под ред. С.В.Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 535с.

5. Каненко Г.К. Исследование влияния структуры потоков жидкости на ход очистки сточных вод в аэротенках. Автор. дис. канд. техн. наук. – М., 1971. – 19 с.
6. Environmental Science and Technology // News. – 2000. – 34. October. – P. 432A – 435A.
7. Горбань Н.С. Причины неудовлетворительной работы биологических очистных сооружений и пути их устранения. Харьков, «Райдер». 2005. 306с.
8. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1985. – 136с.
9. Святенко А.І., Дяденко Н.М., Орел А.М., Андрусенко О.М. Зміна ефективності біологічного очищення стічних вод під впливом режимних параметрів// Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – № 2 (73). – С.171–173.
10. Святенко А.І., Дяденко Н.М., Кравченко О.Ю. Математичне моделювання процесу біологічного очищення стічних вод у коридорних аеротенках // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – № 6 (77). – С.109–111.

THE EXPLOITATION OF AEROTANKS WITHOUT REGENERATION ACTIVATED SLUDGE IN CITY TREATMENT PLANTS

A. Svyatenko, N. Dyadenko, S. Boyar, M. Guchenko

Kremenchuk Mikhyalo Ostrogradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Operational data on plants of urban waste water purification was given. Technological parameters of aeration tanks using on urban wastewater treatment plants with a different method of wastewater supplying were defined. Relationship between the efficiency of wastewater treatment and effluent BOD values during the period were analyzed. A parabolic relationship between load on mud and mud index in the aeration tanks was established. It is shown that having the value of the concentration of dissolved oxygen in the aeration tanks at least 4.7 dm³ effective treatment of wastewater sludge regeneration without the initial Effluent BOD to 300 dm³ is possible. The features of changes in the efficiency of wastewater treatment for BOD and suspended solids if the load on the activated sludge wastewater and the regime of supply in the aeration tank changes.

Key words: aeration, biological treatment, activated sludge regeneration, dissolved oxygen concentration, purification efficiency.

REFERENCES

1. The Law of Ukraine "On the National Target Program "Drinking Water in Ukraine" for 2011–2020" // Ofitsiyniy vistnyk Ukrayiny, 2011. – № 24.
2. Holubovskaya, E.K. (1978), *Byolohycheskye osnovy ochistki vody* [Biological fundamentals of water purification], Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
3. Karelin, Ja.A., Zhukov, D.D. and Repin, B.N. (1973), *Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod v aerotenkakh* [Purification of industrial sewage water in aeration tanks], Stroyizdat, Moscow, Russia.
4. Yakovlev, S.V., Karelin, Ja.A., Laskov, Ju.M. and Voronov, Ju.V. (1985), *Ochistka proizvodstvennykh stochnykh vod: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Industrial sewage water purification: Manual for Higher School], Stroyizdat, Moscow, Russia.
5. Kanenko, G.K. (1971) *Issledovaniye vliyaniya struktury potokov zhydkosti na hod ochistki stochnykh vod v aerotenkakh* [Study of the influence of fluid flows structure on the sewage water purification process in the aeration tanks], Moscow, Russia.

6. Environmental Science and Technology // News. – 2000. – 34. October. – pp. 432A–435A.
7. Gorban', N.S. (2005) *Prichiny neudovletvoritel'noy raboty biologicheskikh ochistnykh sooruzheniy i puti ih ustraneniya* [Causes of unsatisfactory work of biological purifications stations ways of its fixing], Raider, Harkov, Ukraine.
8. SNIP 2.04.02-84 . *Vodosnabzhenye . Naruzhnyye seti i sooruzheniya* [Water supply. Outdoor networks and systems], Stroyizdat, Moscow, Russia.
9. Svyatenko, A.I., Dyadenko, N.M., Orel, A.M. and Andrusenko, A.M. (2012), "Changing the efficiency of biological treatment of wastewater under the influence of operational parameters", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskiy National University*, vol. 2, no. 73, pp. 171–173.
10. Svyatenko, A.I., Dyadenko, N.M. and Kravchenko, O.Ju. (2012), "Mathematical modeling of biological wastewater treatment in the corridor aeration tanks", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrogradskiy National University*, vol. 6, no. 77, pp. 109–111.