

УДК 628.16

ИННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД НА ФІЛЬТРАХ З ВОЛОКНИСТО-ПІНОПЛАСТОВИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ

І. П. Недашковський

Запропоновано схему очистки господарсько-побутових стічних вод малих населених пунктів на установках з фільтрами, які мають волокнисто-пінопластове завантаження. Отримані результати дали можливість підтвердити доцільність використання волокнистого завантаження типу «ВІЯ» у біореакторах та пінопластового завантаження контактної освітлювального фільтру для біологічної очистки стічних вод.

Ключеві слова: очистка стічних вод, біореактор, установки малої продуктивності, анаеробна, аеробна.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ФИЛЬТРАХ С ВОЛОКНИСТО-ПЕНОПЛАСТОВОЙ ЗАГРУЗКОЙ

И. П. Недашковский

Предложена схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых населенных пунктов на установках с фильтрами, которые имеют волокнисто-пенопластовую загрузку. Полученные результаты дали возможность подтвердить целесообразность использования волокнистой загрузки типа «ВІЯ» в биореакторах и пенопластовой загрузки контактной осветлительного фильтра для биологической очистки сточных вод.

Ключевые слова: очистка сточных вод, биореактор, установки малой производительности, анаэробная, аэробная.

INNOVATIVE TECHNOLOGY TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER FILTER WITH FIBER-PLASTIC FOAM LOADING

I. Nedashkovskiy

A scheme for treatment of domestic sewage of small settlements on systems with filters that are fiber-foam boot. The results obtained are given the opportunity to confirm the feasibility of using fiber loading of the "ВІЯ" in bio-reactors and download contact and refining chamber filter for biological wastewater treatment.

Keywords: cleaning of flow waters, fermenter, settings of the small productivity, is anaerobic, aerobic.

Вступ

В сучасних умовах посиленого антропогенного навантаження на довкілля з кожним роком все більше загострюється проблема очищення господарсько-побутових стічних вод на неканалізованих територіях, викликана необхідністю приведення якості очищених стічних вод до нормативних вимог скидання їх у водойми рибогосподарського призначення.

Неочищені стічні води, що містять біогенні речовини, при скиданні їх у водойми сприяють розвитку синьо-зелених водоростей, в результаті чого знижується кількість розчиненого кисню та погіршується якість води в природних водоймах, порушуються нормальні умови життєдіяльності гідробіонтів, гинуть підводні мешканці. Тому однією з основних задач охорони навколишнього середовища в Україні є захист довкілля від забруднень стічними водами.

У зв'язку із зростанням будівництва котеджів, невеликих виробництв, баз відпочинку в неканалізованих районах місцевості, віддалених від міст та інших населених пунктів, проблема очищення господарсько-побутових стічних вод на таких об'єктах набула дуже важливого

значення. Внаслідок різкого коливання витрат стічних вод малих населених пунктів та відсутності кваліфікованого персоналу для обслуговування очисних споруд зростає потреба у створенні науково-обґрунтованих, надійних, компактних, високоефективних і енергоощадних технологічних схем і конструкцій установок малої продуктивності (УМП).

Відомі конструкції УМП не завжди в повній мірі забезпечують нормативну якість очищених стічних вод та вимагають присутності висококваліфікованого персоналу, а тому актуальним нині є удосконалення існуючих і розробка більш ефективних УМП для очищення господарсько-побутових стічних вод.

Вирішенню окреслених питань сприяє застосування технологічної схеми біологічного очищення стічних вод шляхом прямого їх проходження в установці, основними елементами якої є біореактори (БР) з волокнистим і контактним-освітлювальним фільтрами (КОФ) з пінопластовим фільтрувальними завантаженнями. Використання БР із прикріпленими мікроорганізмами та висхідного фільтрування стоків через фільтри з плаваючим завантаженням значно підвищує ефективність очищення води, спрощує експлуатацію споруд та зменшує їх вартість. Актуальною задачею оптимізації запропонованої УМП є теоретичне обґрунтування та встановлення в ході експериментальних досліджень оптимальних конструктивних і технологічних параметрів всіх елементів установки.

Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка способу очищення і конструкції очисної установки малої продуктивності з волокнисто-пінопластовим завантаженням, яка забезпечує якість очищених побутових стоків від будівель неканалізованих районів до нормативних вимог для їх скидання у водойми рибогосподарського призначення.

Залежно від того, які органічні речовини містяться в стічній воді, змінюється склад біогазу і частина метану в ній. Речовини: вуглеводи, білки, жири/масла мають вихід біогазу (см³/г субстрату) 0,83 / 0,72 / 1,43 відповідно, де частина метану (у %) 50 / 71 / 70 відповідно. Вуглеводи в більшості випадків розкладаються легко, проте вони дають порівняно меншу частину метану. При розкладанні жирів утворюється більша кількість біогазу з високим вмістом в ній метану, проте, розкладаються вони дуже повільно. Крім того, жирні кислоти, які утворюються як побічні продукти при розкладанні жирів, можуть перешкоджати всьому процесу розкладання [1].

Практично всі стічні води містять в своєму складі органічні і неорганічні сполуки азоту. Є величезна кількість способів видалення азоту: аміак видують повітрям, окислюють електролітично, озоном або хлором з наступним фільтруванням через активоване вугілля. Але самим дешевим і екологічно чистим є біологічний метод. Основною складністю в процесі видалення мінерального азоту є те, що необхідно забезпечити одночасне протікання двох біологічних процесів з протилежними вимогами до наявності кисню: аеробна автотрофна нітріфікація, анаеробне гетеротрофне денітрифікування. Одна з технологічних схем видалення азоту [2] приведена нижче (рис. 1).

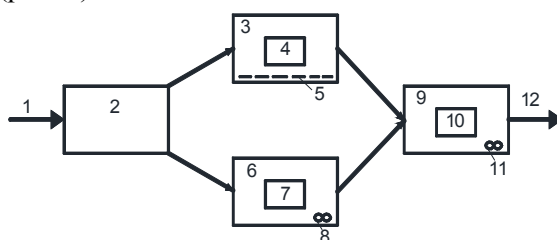


Рисунок 1 – Схема біологічного очищення стічних вод від амонійного азоту:

- 1 - стічна вода з амонійним азотом; 2 - розподіл води на два потоки; 3 - зона аеробної нітріфікації;
- 4 - носії з іммобілізованими нітрифікуючими бактеріями; 5 - система розподілу повітря;
- 6 - анаеробна зона; 7 - носії з іммобілізованими анаеробними гетеротрофними бактеріями;
- 8 - мішалка для перемішування води в анаеробній зоні; 9 - анамокс - зона; 10 - носії з іммобілізованими анамокси-бактеріями; 11 - мішалка для перемішування води в анамокси-зоні;
- 12 - очищена від з'єднань азоту стічна вода.

Теоретичні дослідження плаваючого фільтрувального завантаження із гранул подрібненого пінопласту показали, що його пористість не залежить від розмірів цих гранул, а залежить лише від їх форми та співвідношення максимального і мінімального діаметрів і коливається в межах 21,5 – 47,7 %.

З метою попередження пухирцевої кольматації фільтрувального завантаження КОФ

встановлено граничні значення швидкості руху води в аеробному БР $V_{\phi, \max}$ і мінімальної довжини його ниток $H_{b, \min}$, що визначаються за формулами

$$V_{\phi, \max} \leq 180 P_t, \text{ м/год}; \quad (1)$$

$$H_{b, \min} \geq 3 P_t, \quad (2)$$

де P_t – пористість БР на кінець фільтроциклу.

На основі математичного моделювання процесів біологічного очищення стічних вод на аеробних БР встановлено нами, що ефективність очистки води E залежить від швидкості фільтрування води V_{ϕ} , довжини волокнистої нитки H_b і параметра біосорбції A_0 :

$$E = \left(1 - \frac{1}{\exp \cdot \frac{A_0 \cdot H_b}{V_{\phi}}} \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

Наші дослідження показали, що параметр біосорбції A_0 збільшується при збільшенні діаметра ниток d_n та зменшенні відстані між осями ниток Δ .

При висхідному русі стічної рідини на КОФ спостерігається стиснене осідання завислих речовин в його підфільтровому просторі, математичне описання якого можна виконати на основі експериментальних досліджень.

Нами запропоновано після первинного відстоювання біологічну очистку стічних вод здійснювати на установках з використанням волокнистого і пінопластового завантаження, основними спорудами в яких є два біореактора (БР) і контактний освітлювальний фільтр (КОФ). В біореакторі завдяки прикріпленню до волокнистого завантаження спеціальним мікроорганізмам здійснюється біологічне окислення домішок, що знаходяться у вхідній воді (органічні сполуки, тощо) і їх мінералізація з утворенням пластівців, що здатні випадати в осад та затримуватись в контактному-освітлювальному фільтрі. В контактному освітлювальному фільтрі відбуваються процеси освітлення і знебарвлення води при її висхідному русі через шари стиснутого в відфільтрованому просторі осаду і плаваючого пінопластового фільтрувального завантаження. При цьому відбувається очищення стічних вод без додавання, яких-небудь реагентів [3], [4], [5].

У даній установці контактний освітлюючий фільтр грає роль доочистки стічних вод біологічно очищених в анаеробному (3) і аеробному (5) біореакторах (рис. 2).

Лабораторна установка змонтована аспірантом Недашковським І. П. на станції біологічного очищення стічних вод «Північна» в м. Одесі, на якій очищаються переважно господарсько-побутові стічні води.

У лабораторії станції біологічного очищення стічних вод «Північна» визначались за стандартними методиками відомими приборами такі показники якості води: завислі речовини (ЗР); БСК; ХСК; азот і фосфор. Ці показники визначались для стічної води на лабораторній установці: 1) вихідної; 2) після БР; 3) після КОФ.

Вимірювались і контролювались такі параметри: 1) витрата води через фільтри $Q_{\phi, i}$; 2) втрати напору; 3) тривалість фільтроциклу $T_{\phi, i}$; 4) інтенсивність q_{np} і тривалість t_{np} промивки КОФ. Дослідження велись для трьох значень швидкості фільтрування води V_{ϕ} : 1; 3, і 6 м/год.

На основі досліджень і обчислень встановлено, що пористість чистого волокнистого завантаження дорівнює: для анаеробного БР $P_0 = 0,81$; для аеробного БР $P_0 = 0,94$.

В кінці фільтроциклу при товщині біологічних обростань навколо кожної нитки $b_t = 1$ мм ця пористість зменшується до величини: для анаеробного БР $P_t = 0,58$; для аеробного БР $P_t = 0,87$.

Параметр біосорбції $A_{0, i}$ залежить від пористості волокнистого завантаження P_i і діаметра ниток $d_{n, i}$ з урахуванням їх обростань біологічною плівкою.

При лабораторних дослідженнях БР параметр біосорбції визначався за формулою

$$A_{0, i} = \frac{V_{\phi}}{H_b} \cdot \ln \frac{C_o}{C_{\phi, i}}, \text{ год}^{-1}; \quad (4)$$

де $H_b = 2$ м – довжина ниток волокнистого завантаження;

V_{ϕ} – швидкість фільтрування води, м/год, ($V_{\phi, 1} = 1$ м/год; $V_{\phi, 2} = 3$ м/год; $V_{\phi, 3} = 6$ м/год);

C_o і $C_{\phi, i}$ – вміст забруднень, відповідно у вихідній і фільтрованій води, мг/дм³.

Дослідження показали, що від тривалості фільтроциклу залежить стан біологічної плівки на поверхні ниток, оскільки при старінні плівки вона змивається під дією гідравлічного потоку, а при збільшенні V_{ϕ} параметр біосорбції A_0 також збільшується.

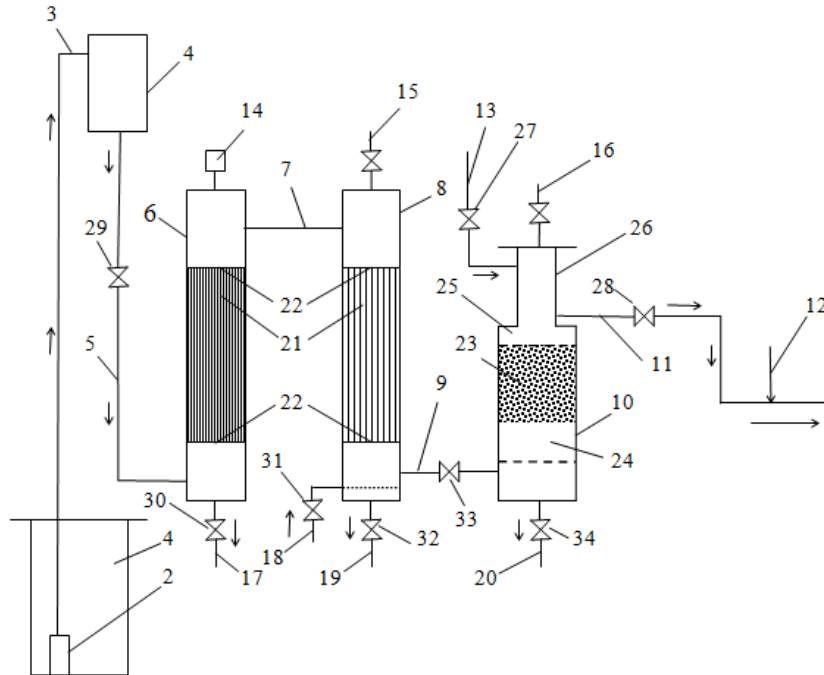


Рисунок 2 – Схема лабораторної установки для біологічного очищення стічних вод на фільтрах з волокнисто-пінопластовим завантаженням:

- 1 – прийомний резервуар; 2 – насос; 3 – подача вихідної до ємності постійного рівня; 4 – ємність постійного рівня; 5 – подача вихідної води до установки в анаеробний БР; 6 – анаеробний БР;
- 7 – подача води в аеробний БР; 8 – аеробний БР; 9 – подача води в КОФ; 10 – КОФ;
- 11 – відведення очищеної води; 12 – знезараження; 13 – подача води на промивку КОФ;
- 14 – газовіддільник; 15 – випуск повітря з аеробного БР; 16 – випуск повітря з КОФ;
- 17 – відведення осаду з анаеробного БР; 18 – подача повітря від компресора; 19 – відведення осаду від аеробного БР; 20 – відведення промивної води і осаду від КОФ; 21 – волокнисте завантаження типу «ВІА»;
- 22 – колосникові решітки; 23 – пінопластове завантаження КОФ; 24 – під фільтровий простір; 25 – ємність для збору очищеної води; 26 – напірна ємність; 27–34 – вентиля.

Гідравлічні дослідження чистого фільтрувального завантаження із гранул подрібненого пінопласту показали, що коефіцієнт фільтрації можна визначити за емпіричною формулою

$$K_{\phi,i} = 214d_i - 377, \quad \text{м/год}, \quad (5)$$

де d_i – середній діаметр гранул, мм.

При комплексних дослідженнях процесів біологічного очищення стічних вод на лабораторній установці (табл.1) для кожного виду забруднень визначали вміст домішок у вихідній воді C_0 (перед подачею на БР), фільтрованої воді C_{ϕ} (після КОФ) та обчислювали ефективність очищення води E за кожну добу протягом фільтроциклу.

Дослідження, які були проведені при трьох швидкостях фільтрування води V_{ϕ} (1; 3; 6 м/год), показали, що для кожного значення V_{ϕ} і для кожного показника якості води величина E протягом фільтроциклу спочатку збільшується до певної межі, а потім починає зменшуватись.

Було виконано дослідження ефективності біологічної очистки стічних вод окремо на БР і КОФ при трьох швидкостях фільтрування води на них. На мал.2 показано графіки зміни ефективності очищення води по БСК₅ при $V_{\phi} = 3$ м/год на БР і КОФ.

Аналіз результатів досліджень показав, що із зменшенням V_{ϕ} величина E збільшується на обох спорудах, при цьому E по БСК₅ на КОФ більше, ніж на аеробному БР, і ця різниця збільшується із зменшенням V_{ϕ} , а величина E на обох спорудах спочатку збільшується, потім стабілізується і починає зменшуватись.

Таблиця 1 – Результати вимірювань C_o і C_{ϕ} та обчислень значень E протягом фільтроциклу T_{ϕ} при $V_{\phi} = 3$ м/год

T_{ϕ} , доба	Показники якості води, мг/дм ³											
	БПК ₅			ХПК			Азот			Фосфор		
	C_o	C_{ϕ}	$E, \%$	C_o	C_{ϕ}	$E, \%$	C_o	C_{ϕ}	$E, \%$	C_o	C_{ϕ}	$E, \%$
1	80,4	16,9	79,0	182,5	49,8	72,7	14,9	2,1	85,9	24,6	9,4	62,0
2	89,3	18,1	79,7	190,3	50,2	73,6	21,2	3,0	86,0	34,5	13,4	62,2
3	100,0	20,1	79,9	200,0	52,1	74,0	24,0	3,4	86,0	36,0	13,6	62,2
4	93,7	17,8	81,0	188,5	47,3	74,9	20,1	2,7	86,6	33,2	12,3	62,8
5	89,9	15,6	82,6	183,6	45,9	75,0	18,5	2,4	87,0	28,4	10,4	63,5
6	84,5	14,4	83,0	179,4	39,8	77,8	16,3	2,0	87,6	23,2	8,4	64,0
7	82,4	13,8	83,3	177,1	38,6	78,2	15,5	1,8	88,6	22,7	7,5	66,8
8	79,4	13,0	83,6	171,1	35,1	79,5	14,0	1,6	88,7	21,7	7,2	66,8
9	80,4	13,2	83,6	173,5	36,1	79,2	14,7	1,7	88,4	23,6	7,9	66,7
10	84,7	14,4	83,1	184,9	39,2	78,8	16,1	1,9	88,0	22,5	7,8	65,3
11	88,3	15,4	82,5	200,0	44,0	78,0	18,2	2,3	87,1	25,6	9,1	64,5
12	87,5	16,0	81,7	189,7	45,5	76,0	15,3	2,0	87,0	21,6	7,8	64,0
13	90,9	17,3	81,0	195,8	49,0	75,0	20,4	2,8	86,0	31,6	11,8	62,7

В табл. 2 наведено значення ефективності очищення стічних вод від завислих речовин (ЗР) на установці, брудомісткості КОФ і втрат напору в ньому для кожної доби протягом фільтроциклу при швидкості фільтрування води $V_{\phi} = 3$ м/год.

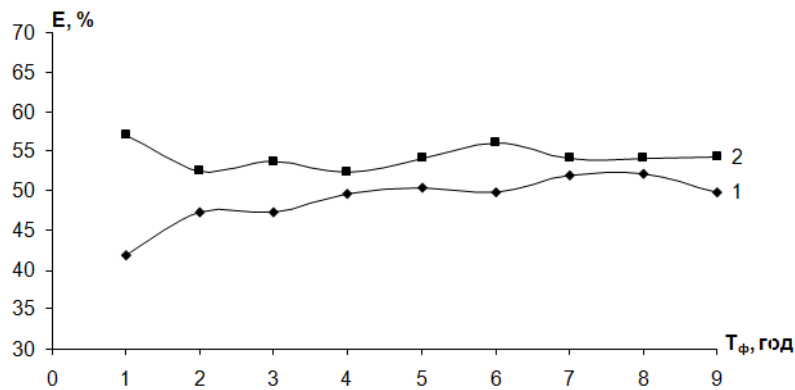


Рисунок 3 – Графіки $E = f(T_{\phi})$ по БСК₅ при $V_{\phi} = 3$ м/год на спорудах: 1 – аеробний БР; 2 – КОФ

Таблиця 2 – Результати вимірювань та обчислень показників роботи КОФ по затриманню завислих речовин при $V_{\phi} = 3$ м/год

T_{ϕ} , доба	Показники роботи КОФ								
	Завислі речовини					Втрати напору			
	$C_{o,i}$, мг/дм ³	$C_{\phi,i}$, мг/дм ³	$E_i, \%$	ΔG_i , кг/м ²	G_i , кг/м ²	Π_i , мм	Π_{i+1} , мм	$\Delta h_{\phi,i}$, мм	$h_{\phi,i}$, мм
1	86,2	13,0	84,9	5,28	5,28	77,0	80,0	3,0	3,0
2	98,2	14,6	85,1	6,03	11,31	80,0	83,5	3,5	6,5
3	110,2	16,4	85,2	6,76	18,07	83,5	87,5	4,0	10,5
4	100,0	14,6	85,5	6,16	24,23	87,5	92,0	4,5	15,0
5	96,7	13,7	85,8	5,97	30,20	92,0	97,0	5,0	20,0
6	90,1	12,7	86,0	5,58	35,78	97,0	103,5	6,5	26,5
7	87,5	12,3	85,9	5,41	41,19	103,5	110,5	7,0	33,5
8	83,5	11,7	86,0	5,17	46,36	110,5	118,0	7,5	41,0
9	85,8	12,0	86,0	5,31	51,67	118,0	126,0	8,0	49,0
10	90,2	12,7	86,0	5,59	57,26	126,0	134,5	8,5	57,5
11	93,3	13,5	85,5	5,74	63,00	134,5	143,5	9,0	66,5
12	91,3	13,9	84,8	5,57	68,57	143,5	153,0	9,5	76,0
13	100,2	15,8	84,2	6,07	74,64	153,0	163,0	10,0	86,0

Збільшення питомої брудомісткості фільтрувального завантаження за і-тий інтервал часу між вимірюваннями показників роботи КОФ тривалістю $\Delta T_{\phi} = 24$ години визначалось за формулою

$$\Delta G_i = 0,024 C_{o,i} \cdot E_i \cdot V_{\phi,i}, \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

в якій величина E_i приймається в долях від одиниці.

Питома брудомісткість фільтрувального завантаження КОФ для кожної доби протягом фільтроциклу визначалась як сума всіх значень ΔG_i від початку фільтроциклу і до даного моменту часу:

$$G_k = \sum_1^{T_{\phi,k}} \Delta G_i, \text{ кг/м}^2. \quad (7)$$

Приріст втрат напору у фільтрувальному завантаженні КОФ за кожну добу визначався за формулою

$$\Delta h_{\phi,i} = P_{i+1} - P_i, \text{ мм}, \quad (8)$$

де P_i та P_{i+1} – показники п'єзометра відповідно на початку і в кінці кожної доби, мм
Втрати напору за фільтроцикл:

$$h_{\phi} = \sum_1^{T_{\phi}} \Delta h_{\phi,i}, \text{ мм}, \quad (9)$$

де T_{ϕ} – тривалість фільтроциклу.

Виконані дослідження залежностей $E = f(V_{\phi}; T_{\phi})$ і $h_{\phi} = f(V_{\phi}; T_{\phi})$ для швидкостей фільтрування води V_{ϕ} відповідно 1; 3; 6 м/год показали, що із збільшенням величини V_{ϕ} зменшується показники E і T_{ϕ} та збільшуються h_{ϕ} і G .

При розрахунках БР параметр біосорбції можна приймати в середньому $A_0 = 2,5 \text{ год}^{-1}$, а необхідну довжину волокнистих ниток визначати за формулою

$$H_b = 0,4 \cdot V_{\phi} \cdot \ln \frac{C_0}{C_{\phi}}, \text{ м}, \quad (10)$$

де V_{ϕ} – швидкість фільтрування води, м/год;
 C_0 і C_{ϕ} – показники БСК₅ відповідно вихідної і фільтрованої води, мг/дм³.

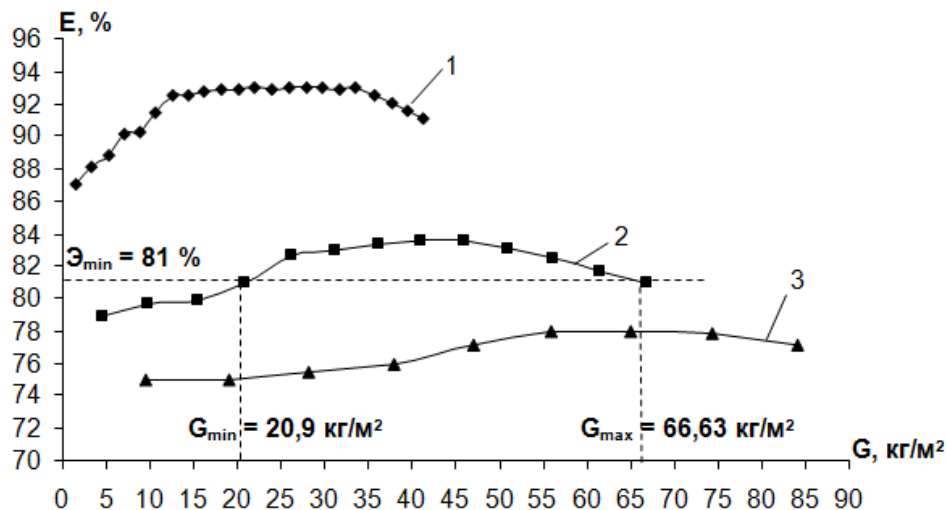


Рисунок 4 – Графіки залежності $E = f(G; V_{\phi})$ для БСК₅ при швидкості фільтрування води:
1 – $V_{\phi,1} = 1$ м/год; 2 – $V_{\phi,2} = 3$ м/год; 3 – $V_{\phi,3} = 6$ м/год.

Діаметр БР визначається за формулою

$$d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot P_t \cdot V_{\phi}}}, \text{ м}, \quad (11)$$

де Q_p – розрахункова витрата води через БР, м³/год;

P_1 – пористість БР на кінець фільтроциклу.

Виконані дослідження очищення стічних вод на БР і КОФ показали, що для прийнятих конструктивних параметрів цих споруд значення E і h_ϕ залежать тільки від двох величин: швидкості фільтрування води V_ϕ та питомої брудомісткості КОФ G .

На рис.4 показано графіки зміни ефективності очистки води по БСК₅ при збільшенні брудомісткості КОФ протягом фільтроциклу при різних швидкостях фільтрування води V_ϕ .

Користуючись вищезгаданими залежностями, можна визначити максимальну швидкість фільтрування води на КОФ для забезпечення розрахункової ефективності очищення стічних вод по даному показнику її якості до нормативних значень, а також величини мінімальної G_{min} і максимальної G_{max} питомих брудомісткостей КОФ, в межах яких забезпечується ця розрахункова ефективність очищення води.

При проектуванні і експлуатації установок з волокнисто-пінопластовими фільтрами для очищення господарсько-побутових стічних вод слід користуватись розрахунковими значеннями $G_{p.min}$ і $G_{p.max}$, де $G_{p.min}$ – найбільша величина із всіх значень $G_{min,j}$ для контролюючих домішок, що знаходяться в даній стічній воді; $G_{p.max}$ – найменша величина із всіх значень $G_{max,j}$ для цих же домішок.

Отже, установка при комплексній очистці господарсько-побутових стічних вод від всіх домішок повинна працювати в межах між значеннями $G_{p.min}$ і $G_{p.max}$ для розрахункової швидкості фільтрування води $V_{\phi.p}$. Для досліджуваних стічних вод ця швидкість дорівнює $V_{\phi.p} = 3$ м/год.

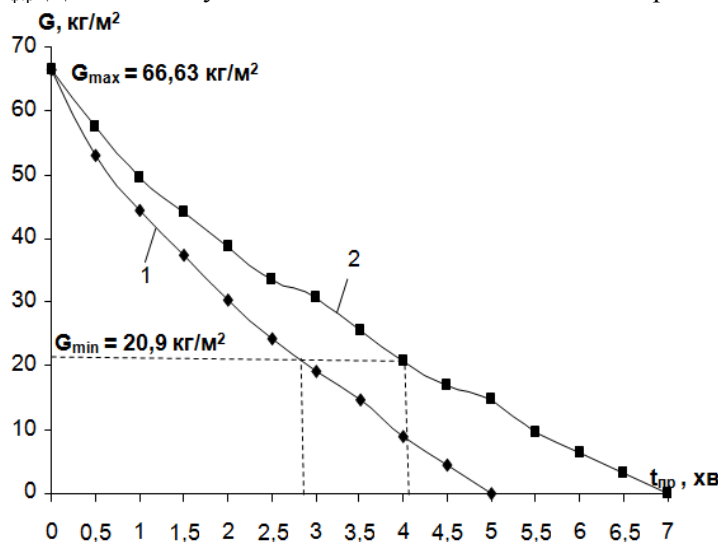


Рисунок 5 – Графіки зміни залишкової питомої брудомісткості КОФ по БПК₅ протягом часу промивки $t_{пр}$ при інтенсивності $q_{пр}$:
 1 – $q_{пр.1} = 20$ дм³/с·м²; 2 – $q_{пр.2} = 15$ дм³/с·м²

При значеннях $G_{p.max}$ установку необхідно виключати на промивку, залишаючи в кінці промивки частину активного мулу в підфільтровому просторі КОФ у кількості $G_{p.min}$. При промивці КОФ його питома брудомісткість буде зменшуватися по залежності

$$G_{o.k} = G_{max} - 0,069 \cdot q_{пр} \cdot \sum_0^k \Delta t_i \cdot C_{пр.i}, \quad \text{кг/м}^2, \quad (12)$$

де G_{max} і $G_{o.k}$ – питома брудомісткість КОФ перед початком його промивки і в k -тий момент часу, кг/м²;

Δt_i – інтервал часу, хв., між сусідніми вимірюваннями величин $C_{пр.i}$ – вмісту забруднень у промивній воді, г/дм³; $q_{пр}$ – інтенсивність промивки, дм³/с·м².

Розроблено методику виконання такої промивки на КОФ. Для цього було виконано дослідження процесів промивки фільтра (мал.5) і встановлено залежності залишкової брудомісткості КОФ від інтенсивності $q_{пр}$ і тривалості його промивки $G_o = f(q_{пр}; t_{пр})$, користуючись якими можна визначити необхідні інтенсивність і час промивки КОФ таким чином, щоб в кінці промивки виконувалась вимога

$$G_o = G_{p.min}, \quad \text{кг/м}^2. \quad (13)$$

Для досліджуваних стічних вод на установці даної конструкції тривалість фітровоциклу, протягом якого забезпечувалась нормативна якість очищеної води по БСК₅ при швидкості

фільтрування води $V_{ф.р} = 3$ м/год, дорівнювала $T_{ф.р} = 9$ діб. При цьому питома брудомісткість КОФ протягом фільтроциклу зростала від $G_{min} = 20,9$ кг/м² до $G_{max} = 66,63$ кг/м², після чого КОФ необхідно промивати з інтенсивністю $q_{пр} = 15$ дм³/с·м² протягом 4 хвилин (рис. 5).

Рекомендації з проектування і експлуатації даної установки передано в проектні організації, а техніко-економічне порівняння її з аналогами показало ряд суттєвих переваг, що полягають у більшій ефективності очистки і тривалості фільтроциклу та менших будівельних і експлуатаційних витратах.

На підставі наукових досліджень біологічного очищення стічних вод на лабораторній установці [6] нами була розроблена схема автономної каналізаційної очисної станції «Віяпласт» (мал.6), що складається з фільтрів із завантаженням волокнисто-пінопласту. У відмінності від лабораторної установки, «Віяпласт» розташована нижче за рівень землі, має датчики контролю рівня води і прилад автоматичного управління (ПАУ), здійснює повне біологічне очищення стічних вод влітку і зимою, є компактною і простою в експлуатації.

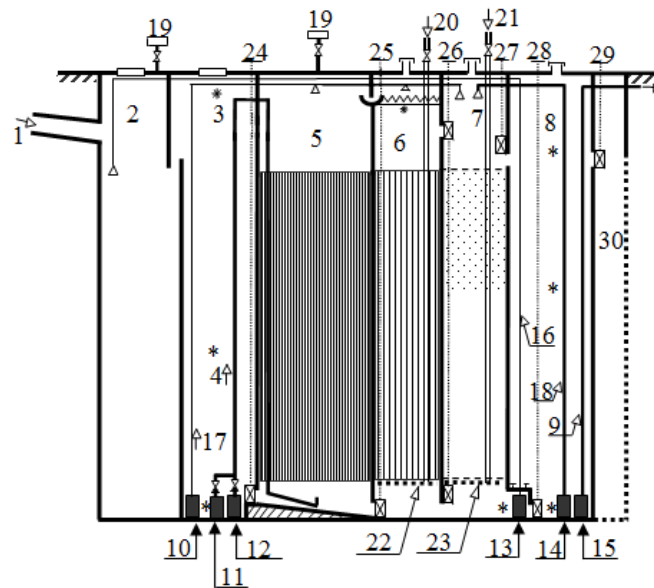


Рисунок 6 – Схема очисної станції «Віяпласт»

- 1 – трубопровід самотечної подачі стічних вод; 2 – ємність відстоювання; 3 – ємність збору очищеної води, вона ж регулююча ємність; 4 – трубопровід подачі відстоюної води в анаеробний біореактор (5); 5 – анаеробний біореактор з волокнистим завантаженням типу «Вія»; 6 – аеробний біореактор з волокнистим завантаженням типу «Вія»; 7 – контактний-освітлюючий фільтр (КОФ) із завантаженням у вигляді кульок пінопласту; 8 – ємність для збору очищеної води;
- 9 – трубопровід, по якому відводиться очищена вода за прибудови станції; 10 – насос, що подає відстоювану воду для промивання фільтрів; 11, 12 – насоси які по черзі подають відстоювану воду в анаеробний біореактор (5); 13 – насос, що відкачує осад і промивну воду з фільтрів (5, 6, 7); 14 – насос, що подає очищену воду для промивання КОФ; 15 – насос, що відкачує очищену воду за прибудови станції; 16 – трубопровід, по якому відводиться осад і промивна вода з фільтрів (5, 6, 7); 17 – трубопровід по якому подається відстоювану воду для промивання фільтрів (5, 6, 7); 18 – трубопровід, по якому подається очищена вода для промивання КОФ;
- 19 – газовіддільник; 20 – трубопровід з регулюючим вентилем, по якому подається повітря від компресора у повітророзподільну систему аеробного біореактора; 21 – трубопровід з регулюючим вентилем, по якому, на першому етапі промивання, подається повітря від компресора в повітророзподільну систему контактної-освітлюючої фільтру; 22, 23 – повітророзподільні системи; 24 – шибер, необхідний в період аварійного режиму роботи станції; 25, 26, 27 – шибера, необхідні під час промивання фільтрів; 28 – шибер, необхідний для спорожнення ємностей (3, 5, 6, 7, 8); 29 – шибер для подачі очищеної води в ємність з фільтраційними вікнами (30); 30 – ємність з фільтраційними вікнами.

Очисна станція «Віяпласт» здійснює анаеробно-аеробне біологічне очищення господарчо-побутових стічних за допомогою співтовариства прикріплених і свободноплаваючих

мікроорганізмів. Очищення здійснюється в анаеробному і аеробному біореакторі і контактнo-освітлюючому фільтрі з попереднім відстоюванням стоків в ємкості відстоювання.

Ємкість (3) і (8) обладнані мінімальним, максимальним, і проміжним датчиками контролю рівня води. У ємкості (8) над насосом (13) є монтажний люк. Проміжний датчик в ємкості (3) включає в роботу по черзі один з насосів (11 або 12), який працює і подає розрахункову середньодобову подачу води в анаеробний біореактор (5). На біологічне очищення безперервно поступає середньодобова подача води. КОФ (7) оснащений датчиком мінімального рівня води. Аеробний біореактор (6) оснащений датчиком максимального рівня води. У анаеробному біореакторі (5) і аеробному біореакторі (6) на відстані 80 см від верху і 20 см від низу встановлено волокнисте завантаження типа “Вія”, з капронових ниток завдовжки 2 м яке, прикріплене внизу і вгорі до зафіксованих колосникових ґрат. КОФ має завантаження у вигляді кульок пінопластів, діаметром від 2 до 6 мм. КОФ має також сітку, яка утримує завантаження при роботі фільтру і сітку, яка утримує завантаження при промиванні фільтру. Аеробний біореактор і КОФ у верхній частині мають вентиляційні труби – витяги, які виконують роль повітря-віддільника для запобігання бульбашковій кольматації завантаження КОФ.

Висновки

- Найбільш перспективним напрямком у біологічному очищенні стоків є їх прямоточне проходження через споруди із закріпленими мікроорганізмами та висхідне фільтрування через фільтри з плаваючим завантаженням, що значно спрощує і здешевлює очищення стічних вод і обробку осаду.
- Запропонований спосіб очищення і конструкція очисної установки малої продуктивності з волокнисто-пінопластовим завантаженням забезпечить якість очищених побутових стоків від будівель неканалізованих районів до нормативних вимог для їх скидання у водойми рибогосподарського призначення.
- Очисна станція, знайде широке вживання при очищенні господарчо-побутових стічних вод населених пунктів малої продуктивності. Очищену воду і біогаз доцільно використовувати для технічних потреб, а перегнилий осад як добриво.

Використана література

1. Анаэробные биологические методы очистки моноточных вод: Markus Engelhart, Enviro-Chemie GmbH. Режим доступа: [http://www. Enviro-chemie.ru/public/anaerob.htm](http://www.Enviro-chemie.ru/public/anaerob.htm).
2. Безкровна М. В. Оптимізація процесу біологічного видалення мінерального азоту із стічної води. – Вода і водоочисні технології. – №3. – 2008. – С. 44-48.
3. Хоружий В. П. Доочистка стічних вод на фільтрах з волокнисто-пенополістирольним завантаженням / В. П. Хоружий, Хамад Іхаб Ахмад. – К.: Товариство „Знання України”. – 2004. – С. 77-81.
4. Хоружий В. П. Доочищення стічних вод на установці з волокнистим і пінополістирольним фільтрувальними завантаженнями // В. П. Хоружий, Хамад Іхаб Ахмад / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 3 / Головні редактор О. Я. Олійник. – К.: КНУБА, 2004. – С. 69-77.
5. Хамад Іхаб Ахмад Доочистка стічних вод на фільтрах з волокнисто-пенополістирольним завантаженням // Хамад Іхаб Ахмад, В. П. Хоружий, Р. А. Ніколова / Вісник ОДАБА. – 2004. – Вип. 13. – С. 210-214.
6. Хоружий В. П. Біологічна очистка стічних вод з використанням капронових ниток типу “Вія” і пінопласту // В. П. Хоружий, И. П. Недашковский / Збірник наукових праць НУВГП. – 2008. – № 1 (41). – С. 291-296.

Недашковський Ігор Петрович – старший викладач кафедри водовідведення і гідравліки Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Недашковский Игорь Петрович – старший преподаватель кафедры водоотвода и гидравлики. Одесская государственная академия строительства и архитектуры.

Nedashkovskiy Igor Petrovith – graduate student, senior teacher of department of Overflow-pipe and hydraulics. Odessa state academy of building and architecture.