

- речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Затв. Мінприроди України 15.12.94. – Харків: УкрНЦОВ, 1994. – 79 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Квантовая механика (нерелятивистская теория) 4-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 768 с.
  6. Проскурнин О.А. Проблемы нормирования водоотведения сточных вод в водотоки в случае неполного разбавления // Экологична безпека: проблеми і шляхи вирішення. Збірник наукових статей VIII Міжнародної конференції. Алушта Крим. Том I, – Харків, ИД Райдер, 2013.– С. 285-286.
  7. Проскурнин О.А. Расчет концентрации загрязняющего вещества в контрольной точке водного объекта при расчете допустимых сбросов сточных вод / О.А. Проскурнин, О.О. Демьянова // Національний університет цивільного захисту України.-Х.: НУЦЗУ, 2015. – С. 187-189.

УДК 628.356

**Ковальчук В. А.**

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

### **ЗМЕНШЕННЯ ПРИРОСТУ АКТИВНОГО МУЛУ ПРИ ПОПЕРЕДНЬОМУ ВИЛУЧЕННІ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН ІЗ СТИЧНИХ ВОД**

**Вступ.** Утворення великих об'ємів надлишкового активного мулу, який погано віддає вологу, створює значні проблеми на каналізаційних очисних спорудах.

Згідно ДБН В.2.5-75:2013 [1] приріст активного мулу в аеротенках визначається за концентрацією завислих речовин  $X_p$  і БПК<sub>повн</sub> стічних вод  $L_{en}$ , що надходять в аеротенки

$$Pr = 0,8X_p + K_g L_{en}, \quad (1)$$

де  $K_g$  – коефіцієнт приросту, який для міських господарсько-побутових стічних вод та близьких до них за складом виробничих стічних вод становить 0,3.

Зрозуміло, що за наявності у складі очисної станції споруд для первинного відстоювання стічних вод приріст мулу буде зменшуватися. Для його визначення у формулу (1) мають підставлятися концентрації завислих речовин і БПК<sub>повн</sub> вже відстоєних стічних вод. Оскільки при первинному відстоюванні видаляються переважно грубодисперсні домішки стічних вод, які важко окислюються біохімічним шляхом, то слід очікувати, що мають змінитися і відповідні коефіцієнти у рівнянні (1).

Зроблений висновок підтверджується даними, наведеними у [2]. На основі експериментальних даних експлуатації одних і тих само міських очисних споруд встановлено, що коефіцієнт  $K_g$  залежить від багатьох чинників, а головним чином, від віку мулу. Встановлена зміна коефіцієнта  $K_g$  від 0,2 до 0,48 при зменшенні віку мулу з 10 до 3 діб. Згідно рівняння (1) в активний мул асимілюється 80% завислих речовин, у той час як у [3] вказується, що в активний мул переходить до 60% завислих речовин.

Визначення приросту активного мулу за ATV-131 [4] здійснюється за формулою, яка після нескладних перетворень набуває наступного вигляду

$$Pr = 0,6 \cdot X_p + \left[ 0,75 - \frac{0,102 \cdot t_{ss} \cdot 1,072^{T-15}}{1 + 0,17 \cdot t_{ss} \cdot 1,072^{T-15}} \right] L_n, \quad \text{мг/дм}^3. \quad (2)$$

Очевидно, що структура формул (1) і (2) подібна. На відміну від формули ДБН, за формулою ATV-131 у мул переходить 60% завислих речовин. Коефіцієнт приросту за БПК<sub>5</sub> при цьому залежить від навантаження на мул  $t_{ss}$  і температури мулової суміші в аеротенку Т. При температурі

$T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  і вікові мулу 3-15 діб розрахункове значення  $K_g$  за БПК<sub>5</sub> становить 0,50-0,28.

Однак, розглядувані вище методики застосовуються для визначення приросту активного мулу при очищенні міських стічних вод, або промислових стічних вод, близьких за складом до міських. Визначення приросту активного мулу значно ускладнюється у випадку біологічної очистки промислових стічних вод. Зокрема, приріст мулу при біологічній очистці стічних вод агропромислового комплексу рекомендується визначати у відсотках від знятої БПК<sub>повн</sub>, БПК<sub>5</sub> або ХПК без урахування концентрацій завислих речовин, віку мулу, температури та інших впливаючих чинників. Наприклад, приріст активного мулу після попередньої очистки стічних вод м'ясокомбінатів в освітлювачах із природною аерацією приймається рівним 45% від значення БПК<sub>повн</sub>. При очистці стічних вод молокопереробних підприємств в аеротенках на повну і на неповну очистку, а також в аеротенках продовженої аерації приріст мулу рекомендується приймати рівним відповідно 10, 15 і 4% від знятої БПК<sub>повн</sub> [5]. При цьому не враховуються навіть концентрації завислих речовин в очищуваних стічних водах.

**Мета і завдання роботи** полягали в розробці методики визначення приросту мулу при біологічній очистці міських та промислових стічних вод і уточненні на цій основі впливу на його величину ефективності попереднього видалення завислих речовин.

**Результати досліджень.** Для визначення впливу ефективності вилучення завислих речовин із стічних вод на приріст активного мулу розглянемо блок-схему біологічної очистки в аеротенку (рис. 1). Для спрощення приймемо, що винос активного мулу із вторинних відстійників дорівнює нулю.

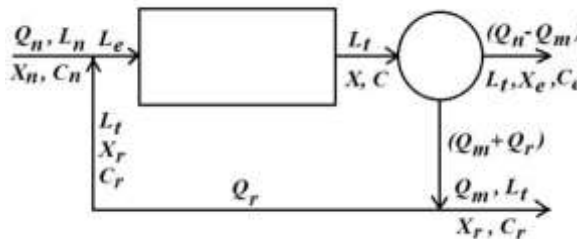


Рис. 1. Блок-схема процесу біологічної очистки стічних вод

Складемо рівняння матеріального балансу для системи «аеротенк-вторинний відстійник» за сухою речовиною

$$X_n Q_n + Y(L_e - L_t)(Q_n + Q_r)(1 + 3) - k \cdot C \cdot V - X_r Q_m = 0 \quad (3)$$

і за біохімічно розкладаваною речовиною

$$C_n Q_n + Y(L_e - L_t)(Q_n + Q_r)\beta^m - k \cdot C \cdot V - C_r Q_m = 0 \quad (4)$$

де  $L_n, L_e, L_t$  - відповідно, концентрації забруднень за БПК<sub>5</sub> в неочищених стічних водах, у муловій суміші, що надходить в аеротенк і в очищених стічних водах, кг/м<sup>3</sup>;  $Q_n, Q_r, Q_m$  - відповідно, витрати неочищених стічних вод, рециркуляційного активного мулу і надлишкового активного мулу, м<sup>3</sup>/добу;  $X_n, X_r, X, X_e$  - відповідно, концентрація зависі за сухою речовиною в неочищених стічних водах, у рециркуляційному потоці, в аеротенку і в очищених стічних водах, кг/м<sup>3</sup>;  $C_n, C_r, C, C_e$  - відповідно, концентрація зависі за біохімічно розкладаваною речовиною в неочищених стічних водах, в рециркуляційному потоці, в аеротенку і в очищених стічних водах, кг/м<sup>3</sup>;  $Y$  - питомий приріст активного мулу, кг на 1 кг знятої БПК<sub>5</sub>;  $3$  - зольність активного мулу, що приростає, частка одиниці;  $k$  - константа ендогенної респірації, доба<sup>-1</sup>;  $V$  - об'єм аеротенка, м<sup>3</sup>;  $\beta^m$  - частина сухої речовини активного мулу, що піддається біохімічному розкладанню, частка одиниці.

Позначивши

$$\alpha = Q_r / Q_n \text{ і } \alpha^m = Q_m / Q_n, \quad (5)$$

отримаємо наступні вирази

$$\left. \begin{aligned} Q_n + Q_r &= Q_n(1 + \alpha); t = \frac{V}{Q_n}; \\ L_e &= \frac{Q_n L_n + Q_r L_t}{Q_n + Q_r} = \frac{L_n + \alpha L_t}{1 + \alpha}; \\ L_e - L_t &= \frac{L_n - L_t}{1 + \alpha}; Pr = \frac{Q_m X_r}{Q_n} = \alpha^m X_r \end{aligned} \right\} (6)$$

з урахуванням яких рівняння (3) і (4) запишуться у вигляді

$$X_n + Y(L_n - L_t)(1 + 3) - k \cdot C \cdot t - Pr = 0, (7)$$

$$C_n + Y(L_n - L_t)\beta^m - k \cdot C \cdot t - C_r \alpha^m = 0. (8)$$

Враховуючи, що концентрація біохімічно розкладаваної частини залежить пропорційно концентрації сухої речовини активного мулу в аеротенку, у рециркуляційному потоці і в очищених стічних водах,

можна записати  $\frac{C}{X} = \frac{C_r}{X_r} = \frac{C_e}{X_e}$ , звідки

$$Pr = \sqrt{\frac{[k \cdot t \cdot X - X_n - Y\Delta L(1 + 3)]^2}{4} + k \cdot t \cdot X [X_n(1 - \beta^{cs}) + Y\Delta L(1 + 3)(1 - \beta^m)]} - 0,5[k \cdot t \cdot X - X_n - Y\Delta L(1 + 3)]. (12)$$

Фактичний приріст мулу повинен враховувати його винос  $X_e$  з очищеними стічними водами.

Справедливі рівняння

$$\begin{aligned} Pr^\phi \cdot Q_n &= X_r \cdot Q_m \text{ і} \\ Pr^\phi &= \frac{Pr \cdot Q_n - X_e(Q_n - Q_m)}{Q_m}, \end{aligned}$$

які з урахуванням позначень (5) запишуться

$$Pr^\phi = \alpha^m X_r \text{ і } Pr^\phi = Pr - X_e(1 - \alpha^m),$$

звідки

$$\alpha^m = \frac{Pr - X_e}{X_r - X_e} (13)$$

$$Pr^\phi = X_r \frac{Pr - X_e}{X_r - X_e}. (14)$$

Із виразів (12) і (14) слідує, що приріст надлишкового активного мулу  $Pr^\phi$  залежить від концентрації завислих речовин у стічних водах, що надходять в аеротенки, тривалості аерації, ефективності очистки і виносу активного мулу із вторинних відстійників.

$$C_r = \frac{C \cdot X_r}{X}. (9)$$

Підставивши (9) у вираз (8) отримаємо

$$C_n + Y(L_n - L_t)\beta^m - k \cdot C \cdot t - \frac{C \cdot Pr}{X} = 0.$$

Позначивши  $C_n = X_n \cdot \beta^{cs}$  і

$L_n - L_t = \Delta L$ , визначимо концентрацію біорозкладаваної частини активного мулу в аеротенку

$$C = \frac{X \cdot X_n \cdot \beta^{cs} + X \cdot Y \cdot \Delta L \cdot \beta^m}{k \cdot t \cdot X + Pr}. (10)$$

Спільний розв'язок рівнянь (10) і (7) дозволяє отримати квадратне рівняння (11) відносно приросту мулу

$$\begin{aligned} Pr^2 + Pr[k \cdot t \cdot X - X_n - Y \cdot \Delta L(1 + 3)] - \\ - k \cdot t \cdot X [X_n(1 - \beta^{cs}) + Y\Delta L(1 + 3)(1 - \beta^m)] = 0, \end{aligned}$$

додатній корінь якого і дає пошукуваний приріст активного мулу

Апробацію запропонованої методики визначення приросту активного мулу здійснювали шляхом співставлення її застосування із результатами розрахунків, виконаних за методикою ATV-131. На рисунку 2 наведені залежності приросту надлишкового активного мулу від тривалості аерації для міських стічних вод, отриманих за рівнянням (12) при концентраціях завислих речовин в неочищених стічних водах 438 г/м<sup>3</sup> (питома норма 70 г/(жит.добу) [4], норма водовідведення 160 л/(жит.добу)) і в освітлених протягом 2 годин стічних водах 156 г/м<sup>3</sup> (питома норма 25 г/(жит.добу) [4], норма водовідведення 160 л/(жит.добу)). Значення БПК<sub>5</sub> для цих стічних вод становлять відповідно 375 і 250 г/м<sup>3</sup> [4], концентрація забруднень в очищених стічних водах складає 15 г/м<sup>3</sup>. Значення інших величин були прийняті: частка сухої речовини стічних вод, що піддається біохімічному розпаду  $\beta^{cs} = 0,5$ ; частка сухої речовини активного мулу, що піддається біохімічному розпаду  $\beta^m = 0,8$ ; питомих приріст активного мулу  $Y = 0,65$  кг на 1 кг

знятої БПК<sub>5</sub>; константа ендогенної респірації  $k = 0,2 \text{ доба}^{-1}$ ; концентрація активного мулу в аеротенку  $X = 3,0 \text{ кг/м}^3$ ; зольність активного мулу, що приростає,  $3 = 0,05$  [3, 6]. На тому само графіку наведені

значення приросту мулу, отримані за методикою ATV-131. Співставлення і аналіз отриманих результатів свідчить, що запропонована методика дозволяє із достатньою для практичних цілей адекватністю визначати значення приросту активного мулу.

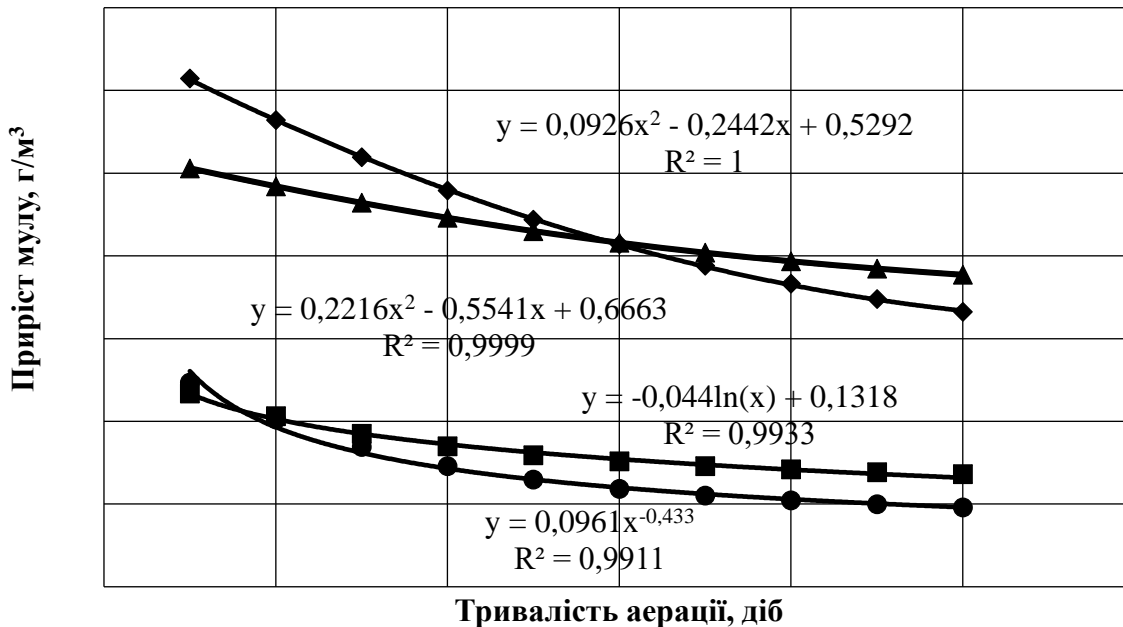


Рис. 2. Залежність приросту мулу від тривалості аерації міських стічних вод:  
 ◆ і ● – розрахунок за розробленою методикою; ▲ і ■ – розрахунок за ATV-131;  
 ◆ і ▲ – неосвітлені стічні води; ● і ■ – освітлені стічні води

За розробленою методикою були проведені розрахунки для визначення впливу попередньої флоатійної очистки на приріст активного мулу при очистці стічних вод молокопереробного підприємства. Значення БПК<sub>5</sub> і концентрацій завислих речовин стічних вод до і після флоатійної очистки були прийняті на основі експериментальних даних роботи очисних споруд попередньої очистки маслозаводу, відповідно, 1842 і 1100 г/м³ та 1648 і 250 г/м³. При роботі аеротенків в режимі неповної біологічної очистки попередня флоатія стічних вод дозволяє зменшити приріст мулу з 2548 до 642 г/дм³, або з 87 до 33% від знятої БПК<sub>повн</sub>.

**Висновки.** Розроблена методика визначення приросту активного мулу при біологічній очистці міських і виробничих стічних вод на основі встановлення концентрації біорозкладуваної частини актив-

ного мулу в аеротенку. Отримана задовільна збіжність результатів обчислень приросту активного мулу за розробленою методикою з результатами, отриманими за методикою ATV-131. Встановлено, що попередня флоатійна очистка стічних вод маслозаводу дозволяє зменшити приріст активного мулу в аеротенках на 75%.

ЛІТЕРАТУРА:

- ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 127 с.
- Харькина, О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. – Волгоград: Панорама, 2015. – 433 с.
- Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
- ATV-DVWK-A131E. Dimension of Single-Stage Activated Sludge Plants, 2000. – 57 с.

5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навчальний посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

УДК 628.35

**Эпоян С.М.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С.**

*Харьковская инженерная компания*

**Зубко А.Л., Штонда Ю.И.**

*ООО «ЭКВИК», г. Харьков*

**Штонда И.Ю.**

*ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННОЙ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ**

Развитие современного общества характеризуется все более ощутимыми негативными последствиями антропогенного воздействия на окружающую природную среду и на состояние водных объектов. Основными загрязнителями сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, отходы и отбросы, получаемые в результате хозяйственной деятельности человека, применения синтетических моющих и чистящих средств, поливке улиц, отходы и отбросы промышленных предприятий, и их технологические потери, а также атмосферные (ливневые и дождевые) воды. Как бытовые, так и многие производственные сточные воды содержат значительные количества органических веществ, способных быстро загнивать и служить питательной средой, обуславливающей возможность массового развития различных микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий. Некоторые производственные сточные воды содержат токсические примеси, оказывающие пагубное действие на людей, животных и рыб [1-6].

В связи с резким увеличением на рынке всевозможных синтетических моющих и чистящих средств, шампуней и порошков, увеличились и объемы их использования на бытовом уровне, что, в свою

очередь, приводит к изменению химического состава хозяйственно-бытовых сточных вод. Увеличивается содержания СПАВ, фосфатов, азотсодержащих, компонентов, хлоридов и др., что существенно ухудшает обработку сточных вод на очистных сооружениях, уменьшая их эффективность. Кроме того, сброс неочищенных, или не качественно очищенных сточных вод на рельеф или в водоем чреват опасностью инфекционных заболеваний, может стать причиной снижения содержания в водах водоема растворенного кислорода и деградации водных экосистем.

В настоящее время, проблемы очистки сточных вод имеют большое экологическое значение, как в мировом масштабе, так и на местных уровнях. Повышение требований к качеству очищаемых стоков заставляет искать более эффективные и экологически безопасные способы удаления загрязнений [7-9].

Канализационные очистные сети и сооружения в большинстве регионов Украины построены в 70-80-х годах прошлого века. За эти годы очистные сооружения и канализационные сети морально и технически устарели, их ресурс практически выработан. За последние десятилетия