

17. Гогоберидзе, М. И. Методика организации комплексной экспертизы хозяйственных объектов [Текст] / М. И. Гогоберидзе // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 7. – С. 41–46.
18. Атаев, С. В. Оцінка впливу на навколишнє середовище будівництва гідровідвалу розкритих порід Здолбунівського кар'єру крейди ВАТ «Волиньцемент» [Текст]: зб. наук. пр. / С. В. Атаев, Д. В. Стефанишин, Л. С. Романюк, О. Ю. Анісімов // Вісник НУВГП. – 2007. – Вип. 3 (39). – С. 3–13.
19. Аніщенко, Л. Я. Комплексна оцінка впливів і управління екологічною безпекою протяжних гідротехнічних споруд [Текст]: автореф. дис. ... д-р техн. наук / Л. Я. Аніщенко. – Харків, 2011. – 37 с.
20. Бисовецкий, Ю. А. Автоматизация геодезических наблюдений за гидротехническими сооружениями гидроэлектростанций Укрэнерго [Текст] / Ю. А. Бисовецкий, К. Р. Третьяк, Э. С. Щучик // Гідроенергетика України. – 2011. – № 2. – С. 45–51.

*Отримано дані щодо здатності гідробіонтів, іммобілізованих на носіїві із сентитичних волокон в біореакторах, до існування у реальних умовах аеробного процесу у біоконвеєрі при очищенні промислової стічної води від гексаметилендіаміну. Контроль якості процесу здійснено з використанням кількісного обліку організмів активного мулу по умовній п'ятибальній шкалі, а також динаміки зміни вмісту нітрит- та нітрат-іонів з часом протягом чотирьох тижнів*

*Ключові слова: активний мул, аеробний процес, очищення стічних вод від гексаметилендіаміну, контроль якості процесу*

*Получены данные о способности гидробionтов, иммобилизованных на носителе из сентитических волокон в биореакторах, существовать в реальных условиях аеробного процесса в биоконвейере при очистке промышленной сточной воды от гексаметилендиамина. Контроль качества процесса осуществлен с использованием количественного учета микроорганизмов по условной пятибальной шкале, а также динамики изменения содержания нитрит- и нитрат-ионов во времени на протяжении четырех недель*

*Ключевые слова: активный ил, аеробный процесс, очистка сточных вод от гексаметилендиамина, контроль качества процесса*

УДК 628.356: 658.562

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48881

## ВПЛИВ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІН, НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ГІДРОБІОНТІВ АКТИВНОГО МУЛУ

**І. М. Іванова**

Доктор технічних наук\*

E-mail: Dtnivanova@gmail.com

**Ю. В. Шатохіна**

Кандидат технічних наук, викладач\*\*

E-mail: Juliaaabest@gmail.com

**О. В. Сапура**

Провідний інженер

Відділ сорбції та біології очищення води

Інститут колоїдної хімії та хімії води

ім. А. В. Думанського НАН України

пр. Вернадського, 42, м. Київ, Україна, 03680

E-mail: sapura.work@gmail.com

**Д. О. Тичина\***

E-mail: tychina95@ukr.net

\*Кафедра водопостачання та водовідведення\*\*\*

\*\*Кафедра управління якістю та проектами\*\*\*

\*\*\*Чернігівський національний технологічний університет  
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14027

### 1. Вступ

Екологічна безпека визначається Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», як стан довкілля без загрози для життєдіяльності людей [1]. У багатьох випадках ця загроза в усьому світі існує внаслідок того, що недостатній рівень екологічної та технічної свідомості у попередні роки сприяв нагромадженню токсичних відходів у великій кількості, потраплянню їх у водні ресурси, які втрачають можливість використання останніх в якості

джерела питної води [2]. Поліпшення екологічної ситуації очікується за умови впровадження екологічних стандартів серії ISO 14000 [3, 4], розвитку корпоративної соціальної відповідальності за ISO 26000 [5], але темпи впровадження екологічних стандартів в Україні поки що недостатні і відстають від темпів збільшення забрудників, як це виявлено на прикладі одного з найбільших в Україні за територією регіонів – на Чернігівщині [6].

На території колишнього Чернігівського ВАТ «Хімволокно» розташований штучний ставок, в якому біль-

ше 25 років зберігається близько 1600 м<sup>3</sup> промислових стічних вод виробництва полімеру «анід» («найлон 66»), що містять гексаметилендіамін (ГМД) [7].

Так, поки планувалось будівництво установки термічного знешкодження відходів виробництва хімволокна, ВАТ «Чернігівське хімволокно», створене у 1960 році, поповнювало ставок-накопичувач цими токсичними відходами у кількості 623–733 т щорічно [8].

Гексаметилендіамін –  $H_2N(CH_2)_6NH_2$  – токсичний аліфатичний амін, синтетичний аналог, «рідний штучний брат» відомих природних «трупних ядів» путресцину (тетраметилендіаміну  $H_2N(CH_2)_4NH_2$ ) і кадаверину (пентаметилендіаміну  $H_2N(CH_2)_5NH_2$ ). Розчинність ГМД становить 96 г/100 мл води, токсичність – помірна, середня доза речовини, що викликає загибель половини досліджуваної групи  $LD_{50}=792-1127$  мг/кг, речовина здатна викликати опіки і сильне подразнення шкіри [9]. Концентрація ГМД у стічних водах виробництва хімволокна сягає дуже високих як для стоків значень – 2500÷4000 мг/дм<sup>3</sup>. Ці промислові стічні води дістали промовисту назву «мертва вода».

Справді, раніше вважалося, що воду, забруднену гексаметилендіаміном, неможливо очистити жодними способами, а лише «спалити», тобто утилізувати термічно. Співробітниками відділу сорбції та біології очищення води ІКХХВ ім. А. В. Думанського було проведено пошук мікроорганізмів – деструкторів ГМД, який проводили як і серед аборигенних мікроорганізмів, відібраних у ставку-накопичувачі, так і в активованих мулах Чернігівської станції аерації та Бортницької станції біологічного очищення води (Київ), а також серед бацил вітчизняних пробіотичних лікарських препаратів «Біоспорин» (Дніпропетровськ) та «Біоспорин-Біофарма» (Київ). Також пошук мікроорганізмів, спроможних очищати реальні ГМД-вмісні стічні води ставка-накопичувача, здійснювали серед чистих культур бактерій – деструкторів ГМД, на які ІКХХВ АН України одержав Авторські свідоцтва СРСР [10].

Проблема очищення стічних вод даного ставка-накопичувача дуже актуальна ще й тому, що ставок експлуатується тривалий час, і при його візуальному обстеженні виявлено ознаки руйнації покриття берегів, а також існує загроза руйнації ставка з часом і потрапляння токсичної речовини у підземні води, що може призвести до суттєвого погіршення стану довкілля. Це і обумовлює актуальність робіт щодо ліквідації забруднення у ставку-накопичувачі, в якому концентрація гексаметилендіаміну становить 860 мг/дм<sup>3</sup>.

## 2. Аналіз даних літературних даних та постановка проблеми

Ліквідацію вмісту ставка-накопичувача доцільно здійснити біологічним методом. Особливостям біологічного очищення стоків приділяється значна увага у джерелах наукової літератури [10–18]. Визнається, що практично 100 % очисних споруд не забезпечують необхідний рівень очищення за окремими компонентами, розглядаються можливості реконструкції цих споруд, пропонуються виділення окремих зон у біологічному очищенні з пріоритетними процесами, в яких важливу роль відіграють окремі мікроорганізми [11].

У 2014 році була проведена розробка новітньої біотехнології знешкодження забруднених ГМД стоків, яка включала в себе наступні роботи:

- огляд та обстеження ставка-накопичувача ГМД;
- здійснення пошуку мікроорганізмів – деструкторів гексаметилендіаміну;
- подвійна селекція найбільш активних мікроорганізмів, адаптація селекціонованих мікроорганізмів до реальних стічних вод, що знаходяться в накопичувачі;
- розробка принципової технологічної схеми знешкодження стічних вод у ставку-накопичувачі.

На основі проведеної експериментальної роботи було відібрано найбільш придатних за деструктивною здатністю мікроорганізмів, спроможних до іммобілізації на носіях ВІЯ, а також запропоновано комплексну біотехнологію оздоровлення водного середовища, що містить ГМД та інші ксенобіотики.

Суть запропонованої новітньої біотехнології полягає у залученні до процесу очищення стічних вод якнайширшого кола гідробіонтів, починаючи з бактерій – деструкторів найбільш небезпечних, токсичних синтетичних хімічних речовин (ксенобіотиків) – і закінчуючи високоорганізованими фільтраторами, хижакими, вищими водними рослинами і навіть рибами [10]. Також у сучасних джерелах літератури розглядається можливість використання певних видів організмів у перетворенні складних для традиційного аеробного очищення речовин, наприклад, використання бактерій роду *Bacillus* у розкладі синтетичної сполуки – капролактаму (сировини для синтетичних волокон), що дозволяє поліпшити очищення стічних вод виробництва [12].

Рекомендується при біологічному очищенні стічних вод враховувати вік мулу (сукупності мікроорганізмів) залежно від необхідної обробки, так, при карбонатному окисленні – рекомендований вік мулу становить 2–4 доби, при нітрифікації – 7–12 діб, нітрифікації і денітрифікації – 12–15 діб, при аеробній обробці осаду – 15–30 діб [13].

Проводяться дослідження щодо розширення можливостей існуючого в аеротенка очищення шляхом доповнення етапом анаеробного очищення стічних вод на першій стадії біологічної очистки, що дозволяє збільшити кількість органічних речовин, що розкладаються [14].

Розроблено конструктивне оформлення процесу біологічного очищення, що включає анаеробні і аеробні стадії, анаеробні споруди обладнуються системами рециркуляції, збору і видалення утворених газів, аеробні споруди обладнані мікрокомпресором та дрібно-бульбашковими аераторами [15, 16].

Впровадження технології анаеробно-аеробного очищення стічних вод реалізовано у багатоступеневій системі біореакторів (що утворюють так званий «біоконвеєр»), що виявилось ефективним для суміші міських стічних вод та стічних вод молокозаводів, шкірзаводів, солодового заводу, при цьому використовувались за допомогою носіїв ВІЯ мікроорганізми з діючих аеротенків. Виявлено, що на аеробній стадії спостерігали, в основному, інфузорії та представники саркодовитки *Arcella*, у наступному реакторі виявлені коловертки, малощетинкові черви та інфузорії [16].

В науковій та патентній літературі авторами не виявлено даних щодо впливу гексаметилендіаміну на ок-

ремі види гідробіонтів активного мулу аеротенку, але при додаванні до поживного середовища замість чистої води відходів основного або допоміжного виробництва ВАТ «Чернігівське хімволокно» кількість, наприклад, азотфіксуючих бактерій *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter aerogenes* суттєво зменшувалась, розчин є –капролактаму з концентрацією 35 мг/дм<sup>3</sup> призводить до загибелі 63 % першого виду і 100 % другого виду бактерій [17]. Відомо, що процес очищення на кожному етапі залежить від біоценозу мікроорганізмів, які пристосовані до існуючих умов. Поява нових токсичних речовин, так звані «залпові скиди», можуть привести до знищення активного мулу аеротенку [18]. В зв'язку з тим, що на носій ВІЯ вноситься активний мул реальних аеротенків, в якому існують аеробні мікроорганізми, важливе значення для подальшого розвитку технології очищення має визначення здатності цих організмів пристосовуватись в умовах забруднення гексаметилендіаміном.

Проведений огляд літератури [10–18] свідчить, що здатність окремих видів гідробіонтів аеротенку пристосовуватись до виживання в умовах забруднення гексаметилендіаміном вивчена недостатньо і залишається невирішеним актуальне завдання щодо використання аеробних гідробіонтів в процесі очищення стоків від гексаметилендіаміну. В зв'язку з тим, що контроль якості процесу біологічного очищення здійснюється шляхом оцінювання наявності певних гідробіонтів [19] та показників концентрації забруднюючих речовин, це питання має також практичне значення.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є дослідження якості аеробного процесу при біоконвеєрному очищенні промстоків від гексаметилендіаміну і отримання даних для подальшого вдосконалення процесу.

Для досягнення цієї мети вирішувались наступні задачі:

- визначення видів гідробіонтів на початку аеробного процесу очищення – у першому реакторі на носіях ВІЯ, занурених у розчин гексаметилендіаміну, що надходив зі ставка-накопичувача;
- визначення видів гідробіонтів у аеробному процесі очищення – у другому реакторі на носіях ВІЯ, що знаходилися в умовах відкритого повітря і постійного зрошення носіїв ВІЯ розчином гексаметилендіаміну, що надходив із першого реактора;
- контроль якості процесу перетворення забруднюючих речовин за вмістом азоту нітритного ( $\text{NO}_2^-$ ) та нітратного ( $\text{NO}_3^-$ ).

### 4. Матеріали і методи дослідження якості аеробного процесу у біоконвеєрі очищення від гексаметилендіаміну

Матеріалом дослідження є зразки активного мулу, який знаходився на носіях ВІЯ:

- а) у першому реакторі у забрудненій гексаметилендіаміном воді ставка-накопичувача;
- б) у другому реакторі в умовах відкритого повітря і постійного зрошення носіїв ВІЯ розчином, що надходив із першого реактора. Також здійснювався аналіз

вмісту нітритів ( $\text{NO}_2^-$ ) і нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) розчину в аеробному реакторі біоконвеєра.

Використані методи досліджень передбачені відповідними нормативними документами. Так, відбір проб для дослідження здійснено відповідно до існуючих вимог [20]. Гідробіологічний аналіз наявності окремих мікроорганізмів виконано за методичними рекомендаціями РНД 31-05-2007 [19], кількісний облік організмів активного мулу по умовній п'ятибальній шкалі здійснено з використанням мікроскопу JNOES. Дослідження охоплює період 30 діб з початку експлуатації аеробних реакторів біоконвеєра щодо очищення від гексаметилендіаміну води ставка-накопичувача у м. Чернігів. В процесі аеробного окислення забруднюючих речовин активним мулом здійснювався контроль якості процесу за вмістом нітритів і нітратів спектрофотометричним методом [21, 22]. Дослідження проведено за сприяння керівництва ДП «Чернігівводоканал».

### 5. Результати дослідження якості аеробного процесу у біоконвеєрі очищення стічних вод від гексаметилендіаміну

Носії ВІЯ попередньо було розміщено у аеротенку каналізаційно-очисної станції м. Чернігів, де знаходяться до 30 видів гідробіонтів, після нарощування в аеротенках біомаси на носіях ВІЯ їх було розташовано в аеробній зоні біоконвеєра із запатентованою конструкцією [15]. Гідробіологічний контроль стану мікроорганізмів здійснювався щотижня протягом місяця після встановлення у ставку-накопичувачі необхідних реакторів.

У першому реакторі проведений гідробіологічний контроль стану гідробіонтів на носіїв ВІЯ через 7 діб дозволив виявити, що живими залишилися лише два види:

- дрібні безбарвні джгутикові;
- одноклітинна водорість із діатомових *Novicula*.

Кількісний облік організмів активного мулу по умовній п'ятибальній шкалі (1 – одиничне знаходження; 2–3 – дуже рідко; 3–4 – рідко; 5 – часто; 6 – у масі) виявив, що частота появи організмів для обох видів дорівнювали 6 балів. Подальший щотижневий контроль не виявив нових змін щодо видів і кількості організмів.

У другому реакторі в умовах відкритого повітря і постійного зрошення носіїв ВІЯ водою із ставка-накопичувача живими залишилися представники класу найпростіших, а також багатоклітинні організми, деякі водорості, хробаки, бактерії. За весь період виявлено наявність представлених на рис. 1 наступних гідробіонтів:

1. Класи найпростіших:
  - 1.1. Дрібні безбарвні джгутикові;
  - 1.2.1. Саркодові черепашкові амеби *Arcella vulgaris*, (рис. 1, п. 1);
  - 1.2.2. Саркодові раковинні амеби *Euglypha* (рис. 1, п. 2);
  - 1.3. Інфузорії *Paramecium candidum*, вільно плаваюча інфузорія (рис. 1, п. 3).
2. Клас багатоклітинних тваринних організмів:
  - 2.1. *Rotaria*, коловертка (рис. 1, п. 4);
  - 2.2. *Colurella*, коловертка (рис. 1, п. 5);
  - 2.3. *Brachionus*, коловертка (рис. 1, п. 6).
3. Водорості:
  - 3.1. *Novicula*, одноклітинна водорість із діатомових (рис. 1, п. 7);

- 3.2. синьо-зелені водорості *Gloeocapsa limnetice* (рис. 1, п. 8);
- 3.3. зелена водорість *Phormidium* (рис. 1, п. 9);
- 3.4. синьо-зелені водорості *Microcystis viridis*.
- 4. Хробаки:
  - 4.1. *Nematoda*, круглі хробаки (рис. 1, п. 10);
  - 4.2. *Aelosoma*, щетинковий хробак.
- 5. Бактерії:
  - 5.1. *Zooglea*;
  - 5.2. протококкові бактерії *Scenedesmus quadricande* (рис. 1, п. 11).

Кількісний облік організмів активного мулу у другому реакторі, проведений по умовній п'ятибальній шкалі, виявив стабільну присутність в період досліджень (I-й, II-й, III-й, IV-й тиждень) представників найпростіших (безбарвні джгутикові, саркодові черепашкові амеби *Arcella*), водорості (*Novicula*), бактерії (*Zooglea*).

Представники багатоклітинних організмів – коловертки *Rotaria*, яких у I-й тиждень ще була велика кількість (6 балів за умовною шкалою), у II-му тиждні виявляли одиничне знаходження, у III-му тиждні – теж одиничне знаходження (1 бал), але вже неживі, замерлі.

Для коловертки *Colurella*, для яких у I-й тиждень ще відбувалось одиничне знаходження (1 бал), умови для існування виявилися несприятливі. Для деяких представників гідробіонтів – коловерток *Brachionus*, водоростей *Gloeocapsa*, *Microcystis*, бактерій *Scenedesmus* сприятливі умови для існування (частота появи організмів 3–6 балів) з'явилися у IV-й тиждень очищення води від гексаметилендіаміну. Результати гідробіологічних досліджень представлено у табл. 1.

У цей же період проведено контроль рідини, яка подавалась із ставка- накопичувача за показниками концентрації нітритів ( $\text{NO}_2^-$ ) і нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ).

Процес деструкції  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$  на попередній анаеробній стадії приводить до розпаду цієї складної сполуки, а подальше перетворення азоту за участю гідробіонтів представлено на рис. 2.

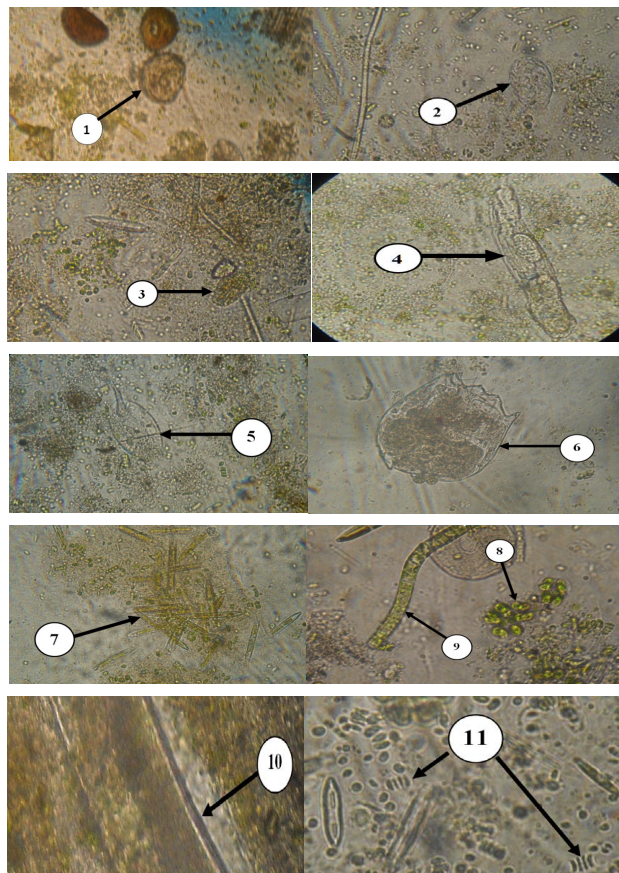


Рис. 1. Мікрофотографії організмів у мулі на носіїві ВІЯ: амеби, інфузорії (1–3), коловертки (4–6), водорості (7–9), хробаки (10), бактерії (11) – 400<sup>x</sup>

Таблиця 1

Частота виявлення гідробіонтів на носіїві ВІЯ у другому аеробному реакторі

№	Види гідробіонтів	Частота виявлення гідробіонтів у періодах, бали			
		I	II	III	IV
1	джгутикові	6	6	6	6
2	<i>Arcella</i>	6	6	6	6
3	<i>Euglypha</i>	5	1	–	2–3
4	<i>Paramecium</i>	–	–	–	2
5	<i>Rotaria</i>	6	1	1*	–
6	<i>Colurella</i>	1	–	–	–
7	<i>Brachionus</i>	–	–	–	5
8	<i>Gloeocapsa</i>	–	–	–	3
9	<i>Microcystis</i>	–	–	–	6
10	<i>Novicula</i>	6	6	6	6
11	<i>Phormidium</i>	3–4	3–4	5	5
12	<i>Nematoda</i>	2–3	–	6	–
13	<i>Aelosoma</i>	–	–	1	–
14	<i>Zooglea</i>	2	5	4	1
15	<i>Scenedesmus</i>	–	–	–	6

Примітка: \* – позначено неживі організми

Використання вказаних методик контролю концентрації нітритів та нітратів спектрофотометричним методом передбачає контроль рідин з концентрацією значно меншою, ніж у даному випадку. Так, методикою передбачено визначення нітрат-іонів з їх концентрацією до 120 мг/дм<sup>3</sup> з відносною похибкою 11 %, а для нітрит-іонів – залежно від реагента – відносна похибка змінюється від 7,5 % до 11 %. Обидві методики передбачають виконання розведення проби деіонізованою водою у випадку перевищення концентрації вказаних іонів вище верхньої межі діапазону вимірів. Зрозуміло, що виконання додаткових операцій, розведення проби, зменшує точність контролю за процесом очищення. Також на показники процесу впливають зовнішні фактори, зокрема, тривалі опади, які потрапляють у відкритий ставок-накопичувач та змінюють концентрацію забруднюючих речовин. Але на загальну тенденцію вказані фактори не впливають. Так, протягом чотирьох тижнів концентрація азоту нітритного, як показано на рис. 2, а, постійно зменшувалась від 75,5 мг/дм<sup>3</sup> до 11,3 мг/дм<sup>3</sup>.

Аналогічна тенденція виявлена і для вмісту азоту нітратного (рис. 2, б), за період досліджень концентрація азоту нітратного зменшилась з 867 мг/дм<sup>3</sup> до 219 мг/дм<sup>3</sup>.

Це свідчить про позитивні результати поступового тривалого процесу очищення стічних вод ставка-накопичувача.

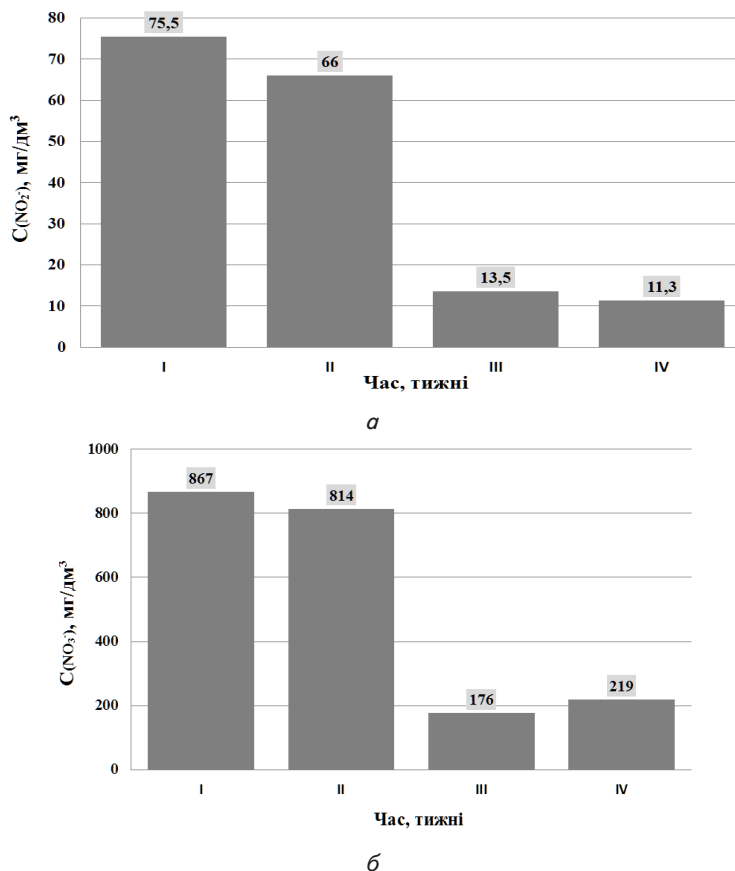


Рис. 2. Динаміка зміни вмісту азоту нітритного (а) і нітратного (б) в аеробному реакторі при очищенні стічної води від гексаметилендіаміну

## 6. Обговорення результатів досліджень активного мулу на носіях ВІА в аеробних реакторах

Результати проведеного дослідження виявили, що більшість представників активного мулу, іммобілізованого на носіїв ВІА в аеротенку каналізаційно-очисної станції м. Чернігів, виявилися не стійкими до гексаметилендіаміну, і були знищені. Порівняно з першим реактором кращі умови для гідробіонтів виявилися у другому реакторі, де конструктивно зменшена кількість забруднювача та збільшена кількість повітря (кисню). Отримані дані визначення здатності аеробних гідробіонтів активного мулу аеротенка до виживання в реальних умовах забруднення води гексаметилендіаміном дозволяють розробляти рекомендації щодо вдосконалення цього процесу у напрямку збільшення кількості резистентних мікроорганізмів

на носіях ВІА, збільшення їх біомаси, необхідної для реалізації процесу деструкції забруднюючих компонентів.

## 7. Висновки

1. При дослідженні здатності аеробних гідробіонтів активного мулу аеротенка до виживання в реальній стічній, забрудненій гексаметилендіаміном, воді виявлено, що:

– у першому аеробному реакторі на носіях ВІА залишилося лише два види гідробіонтів – одноклітинна водорість із діатомових *Novicula*, а також представники класу найпростіших – дрібні безбарвні джгутикові;

– у другому аеробному реакторі на носіях ВІА виявлено існування представників класів найпростіших – безбарвні дрібні джгутикові; саркодові черепашкові амеби *Arcella*, раковинна амеба *Euglypha*; вільно плаваюча інфузорія *Paramecium candidatum*; представників багатоклітинних тваринних організмів – коловертки *Rotaria*, *Colurella*, *Brachionus*; а також синьо-зелені водорості *Gloeocapsa limnetice*, *Microcystis viridis*, одноклітинна водорість із діатомових *Novicula*; клас хробаків представлено *Nematoda*, круглі хробаки, та *Aelosoma* щетинковий хробак; а серед виявлених бактерій – *Zooglea* та протококкові бактерії *Scenedesmus quadricande*.

2. Кількісний облік організмів активного мулу у другому реакторі виявив стабільну присутність представників найпростіших (безбарвні джгутикові, саркодові черепашкові амеби *Arcella*), а також водорості (*Novicula*), бактерії (*Zooglea*). Для представників багатоклітинних організмів – коловерток *Rotaria*, *Colurella* умови для існування виявилися несприятливі, що поступово привело до їх зникнення. Для деяких представників гідробіонтів – коловерток *Brachionus*, водоростей *Gloeocapsa*, *Microcystis*, бактерій *Scenedesmus* сприятливі умови для існування (частота появи організмів 3–6 балів) з'явилися лише у ІV-й тижень очищення стічної води від гексаметилендіаміну.

3. Контроль якості процесу за вмістом забруднюючих речовин виявив, що концентрація азоту нітритного у досліджуваному періоді зменшилась від 75,5 мг/дм<sup>3</sup> до 11,3 мг/дм<sup>3</sup>, а концентрація азоту нітратного зменшилась з 867 мг/дм<sup>3</sup> до 219 мг/дм<sup>3</sup>, що свідчить про позитивні результати поступового тривалого процесу біологічного очищення стічної води в ставку-накопичувачі.

## Література

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. (з наступними змінами та доповненнями) за №1264-ХІІ [Текст]. – Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41. – Ст. 546.
2. Guidelines for Drinking-Water Quality. 4<sup>th</sup> Edition. Vol. 1: Recommendations [Text]. – Geneva, Switzerland: WHO, 2011. – 564 p.
3. ДСТУ ISO 14001:2006 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування (ISO 14001:2004, IDT) [Текст]. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2006. – 17 с.
4. ДСТУ ISO 14004:2006 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення (ISO 14004:2004, IDT) [Текст]. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2006. – 36 с.
5. ISO 26000: 2010 Guidance on Social Responsibility [Text]. – 2010. – 106 p.

6. Анищенко, І. Чернігівщина. Забруднення довкілля. Розвиток екологічних аспектів соціальної відповідальності [Текст] / І. Анищенко, Т. Рудик, І. Іванова, Ю. Іванова // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 1. – С. 10–13.
7. Глоба, Л. И. Биологическая деноксация химических патогенов в водной среде [Текст] / Л. И. Глоба, П. И. Гвоздяк // Гигиена и санитария. – 2015. – № 1. – С. 46–50.
8. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2002 рік [Текст]. – Державне управління екології та природних ресурсів у Чернігівській області. – Чернігів, 2003. – 187 с.
9. Гексаметилендіамин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гексаметилендиамин>
10. Гвоздяк, П. І. Біотехнологічне знешкодження гексаметилендіаміновмісних промислових токсичних відходів у ставку-накопичувачі [Текст] / П. І. Гвоздяк, О. В. Сапура, Т. П. Чехівська // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2015. – № 1 (69). – С. 102–110.
11. Щетинин, А. И. Опыт реконструкции очистных сооружений с применением технологии нитро-денитрификации [Текст] / А. И. Щетинин, Ю. М. Мешенгиссер, М. А. Есин, Б. Ю. Малбиев, А. А. Реготун // Водопостачання та водовідведення. – 2011. – № 3. – С. 41–49.
12. Гвоздяк, П. І. Біохімія води як наукове підґрунтя біотехнології води [Текст]: сб. науч. тр. / П. І. Гвоздяк // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. – ВОДГЕО. – Харьков, ИПП «Контраст», 2012. – С. 8–14.
13. DS/EN 12255-6:2001. Wastewater treatment plants. Part 6: Activated sludge process [Text]. – Dansk Standard, 2001. – 5 p.
14. Бляшина, М. В. Анаеробне очищення стічних вод на першій стадії біологічної очистки [Текст]: міжнар. наук.-практ. конф. / М. В. Бляшина, Л. А. Саблій // Екологія. Людина. Суспільство. – Київ: Національний технологічний університет України «КПІ», 2011. – С. 33–34.
15. Патент України на винахід №94856,, МПК C02F 3/03. Спосіб біологічного очищення стічних вод [Текст] / Гвоздяк П. І., Кузьмінський Є. В., Саблій Л. А., Жукова В. С. – № а2010 06126; заявл. 20.05.10, опубл. 10.06.11, Бюл. № 5.
16. Саблій, Л. А. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод [Текст] / Л. А. Саблій, Є. В. Кузьмінський, В. С. Жукова, М. Ю. Козар // Водопостачання та водовідведення. – 2014. – № 3. – С. 24–33.
17. Іванова, І. М. Вплив промислових відходів на екологічну ситуацію Чернігівщини [Текст] / І. М. Іванова // Екологія і ресурси. – 2005. – № 12. – С. 62–66.
18. Шатохіна, Ю. В. Потенційні небезпеки у водопостачанні та водовідведенні [Текст] / Ю. В. Шатохіна // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 2 (70). – С. 46–52.
19. РНД 31-05-2007. Методичні рекомендації з виконання гідробіологічного аналізу активного мулу аеротенків [Текст]. – Міністерство з питань житлово-комунального господарства України. – К., 2007. – 14 с.
20. ДСТУ ISO 5667-13:2005. Якість води. Відбирання проб. Частина 13. Настави щодо відбирання проб мулу на спорудах для очищення стічних вод і для водо готування (ISO 5667-13:1997, IDT) [Текст]. – Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.
21. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом [Текст]. – ООО «Экоинструмент-Киев». – №МВИ 081/37-0696. – 12 с.
22. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом [Текст]. – ООО «Экоинструмент-Киев». – №МВИ 081/37-0699. – 13 с.