

**СКЛАД ОРГАНІЗМІВ АКТИВНОГО МУЛУ
ПРИ ОЧИЩЕННІ ВУГЛЕВОДНЕВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ТА СТОКІВ
АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

О.І. Семенова, к.т.н., доц.,
Н.О. Бублієнко, к.т.н., доц.,
Т.О. Шилофост, асист.,
Національний університет харчових технологій,
Л.Р. Решетняк, к.т.н., доц.,
Національний авіаційний університет

Проблема очищення води – одна з найголовніших на сьогоднішній день. Адже вона безпосередньо взаємодіє з повітрям, ґрунтами та іншими сферами навколишнього середовища. Мета роботи – дослідження біоценозу організмів аеробного активного мулу, який використовується для біохімічного очищення. Найоптимальніше застосовувати біологічні способи очищення. Дослідження проводили прямим мікроскопуванням, яке дозволяє визначити морфологію клітин та їх кількісні співвідношення, та на основі цих характеристик сформулювати висновки про стан активного мулу та його здатність до окиснення забруднень. Використання аеробної ферментації при біологічному очищенні стічних вод організмами активного мулу є доцільним коли концентрація забруднювальних речовин у стоках невелика. Вуглеводневмісні стічні води утворюються на підприємствах агропромислового комплексу за рахунок миття автомобільних цистерн та потрапляння технічних мастил з обладнання. В процесі біологічного очищення вуглеводневмісних стічних вод, активний мул характеризувався значною різноманітністю найпростіших за видовим складом при невеликому кількісному переважанні одного з видів. Результати проведених досліджень свідчать про те, що для окиснення вуглеводневмісних стічних вод не потрібна присутність усіх можливих представників аеробного активного мулу, оскільки до даного виду забруднення можуть пристосуватися лише специфічні організми, які будуть окиснювати нафтопродукти, але цей процес відбувається з меншою швидкістю, ніж при очищенні забруднень стоків агропромислового комплексу.

Ключові слова: активний мул, біологічне очищення, аеротенк, гідробіонти, очищення стічних вод

**ORGANISMS COMPOSITION OF ACTIVE SLUDGE OF OIL WASTEWATER
AND THE AGRO INDUSTRIAL COMPLEX CLEANING**

O. Semenova, Ph.D., Technics, Associate Professor, Head of Department,
N. Bublienko, Ph.D., Technics, Associate Professor,
T. Shylofost, Assistant,
Department of Ecology and Balanced Natural Resources,
National University of Food Technology,
L. Reshetnyak, Ph.D., Technics, Associate Professor,
National Aviation University

The problem of water purification is one of the most important for today. After all, it interacts directly with the air, soils and other areas of the environment. The purpose of the work is studying of the biocenosis of organisms of aerobic active sludge, which is used for biochemical purification. The best methods of purification are biological. The research was carried out by direct microscopy, which allows determining the morphology of cells and their quantitative ratios, and based on these characteristics to formulate conclusions about the state of active sludge and its ability to oxidize contaminants. The use of aerobic fermentation in the biological purification of sewage by active sludge by organisms is appropriate when the concentration of pollutants in the drains is low. Oil

wastewaters are formed at the enterprises of agro industrial complex by washing of car tanks and entering of technical oils of equipment. In the process of biological treatment of oil wastewater, active sludge was characterized by a large variety of protozoa species composition with a small quantitative prevalence of one species. The results of the conducted research indicate that for the oxidation of oil wastewater does not require the presence of all possible representatives of aerobic active sludge, since only specific organisms that will oxidize oil products can adapt to this type of pollution, but this process takes place at a lower rate than when purification pollution of the sinks of the agro industrial complex.

Key words: active sludge, biological purification, aerotank, hydrobionts, wastewater treatment

Вода – один із найголовніших компонентів навколишнього природного середовища. Боротьба із забрудненнями, на сьогоднішній день, є досить гострою проблемою для людства. Адже вплив антропогенних факторів на біосферу Землі веде за собою деградацію екосистеми, і як наслідок, глобальну екологічну кризу. У результаті роботи підприємств агропромислового комплексу утворюються стічні води, які містять багато органічних та неорганічних речовин. А в результаті таких операцій як миття обладнання, автомобільних цистерн, потрапляння технічних мастил у стоки утворюються стічні води, що містять продукти переробки нафти. Всі ці забруднювачі перебувають у стічних водах у різній кількості та в різних станах (розчинному, колоїдному, у вигляді включень).

Для очищення стічних вод застосовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні способи. Зазвичай їх застосовують в комбінації, так як один не дасть бажаного результату за ефективністю очищення. Також на вибір способу очищення впливає характер забруднень.

Склад вуглеводневмісних стічних вод характеризується складністю, великою різноманітністю і залежить від виду, призначення та технології виробництва. Основна особливість нафтових забруднень у стічних водах – менша густина порівняно з водою та низька розчинність у воді. В стоках продукти переробки нафти за дисперсним складом можуть бути у вільному, емульгованому та розчинному станах. В основному, продукти переробки нафти у стічних водах знаходяться у вільному (грубодисперсному) стані, утворюючи плівку або шар. Менша частина може знаходитися у тонкодисперсному стані, утворюючи емульсію «нафта у воді» [1, с. 15 – 17].

Таким чином, в залежності від вимог до якості очищеної води, а також цілого ряду техніко-економічних показників вибирається технологічна схема очищення, основу якої складає механічна обробка.

Проблема очищення вуглеводневмісних стічних вод вирішується досить повільно, адже для ліквідації таких забруднень, зазвичай, застосовують механічний спосіб очищення. Дана технологія не має успіху, це пояснюється тим, що при низькому вмісту нафтопродуктів у воді, коли вони знаходяться у емульгованому і розчинному стані, механічний принцип розділу не прийнятний. Отже, при малих кількостях нафтопродуктів у воді, потрібно відмовитись від принципу виділення, а використовувати принцип їх руйнування (окиснення).

Біохімічне окиснення проводять як у природних умовах на полях фільтрації і біологічних ставках, так і в штучно створених умовах в біофільтрах і в аеротенках [3, с. 95 – 122]. Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу потрібні не тільки органічні речовини, а також біогенні елементи (N, P, K, Ca, F, Cl та ін.), джерелом яких в даному випадку можуть служити стічні води агропромислового комплексу.

Основним критерієм придатності стічних вод для проходження процесу біохімічного окиснення є біохімічний показник, який визначається як відношення повної біохімічної потреби в кисні ($BCK_{\text{повн}}$) до хімічного споживання кисню (ХСК). Для стічних вод агропромислового комплексу це співвідношення становить більше або дорівнює 0,75. Для різних фракцій нафтопродуктів воно становить 0,43, що свідчить про можливість процесу біохімічного окиснення, але воно проходить з меншою швидкістю, ніж для промислових стоків [4, с. 79 – 84; 7, с. 86 – 90].

Матеріали та методи. Мета нашої роботи – дослідження біоценозу організмів аеробного активного мулу, який використовується для біохімічного очищення.

Завдання нашої роботи – провести порівняльний аналіз організмів аеробного активного мулу, який був використаний для очищення стічних вод агропромислового комплексу та для очищення вуглеводневмісних стічних вод.

Методика дослідження – даний аналіз проводили прямим мікроскопуванням, яке дозволяє визначити морфологію клітин та їх кількісні співвідношення, та на основі цих характеристик сформулювати висновки про стан активного мулу та його здатність до окиснення забруднень [2].

Методом граничних розведень проб активного мулу проводили висівання на тверде поживне середовище (МПА). Інкубація проводилась при температурі 37°C, протягом 72 год. Після чого розглядалися колонії, а далі проводили мікроскопування.

Дослідження клітин бактерій проводилось на мікроскопі марки «Біолам» при збільшенні $\times 900$, а найпростіших – при збільшенні $\times 90$. Згідно з визначником Бергі визначали, до яких родів відносяться бактерії [6].

Результати та обговорення. Вуглеводневмісні стічні води утворюються на підприємствах агропромислового комплексу за рахунок миття автомобільних цистерн та потрапляння технічних мастил з обладнання.

Були проведені дослідження по визначенню фракційного складу нафти. Результати мас-спектрального аналізу показали, що нафтопродукти в стічній воді відповідають газовій або легкій масляній фракції нафти.

Дослідження проводились на штучних стічних водах, які характеризувалися наступними показниками: БСК – 130 мгО₂/дм³; ХСК – 300 мгО₂/дм³; завислі речовини – 125 мг/дм³; рН 6,9; нітрити – 0,30 мг/дм³; нітрати – 0,25 мг/дм³, концентрація нафтопродуктів – 80 мг/дм³ (містилися в одній категорії стічних вод «вуглеводневмісні стічні води»).

Лабораторні установки працювали протягом 40 діб. Під час процесу очищення через 24 години аерації відбиралися проби активного мулу безпосередньо з аеротенку, який потім піддавався мікроскопуванню. Мікроскопування проводилось в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського.

З літературних джерел відомо, що до складу організмів активного мулу у разі роботи аеротенків у стандартних умовах для стічних вод агропромислового комплексу входять наступні: бактерії, найпростіші, коловертки, черви, мікроводорості тощо. В умовах стабілізації активного мулу часто розвиваються нижчі рачки, водяні кліщі.

На біофільтрах склад організмів різноманітніший: водорості, найпростіші, коловертки, ракоподібні, черви, личинки комах тощо. У активних мулах, що нормально працюють можна зустріти понад 60 різних видів організмів, але у деяких пробах кількість видів може не перевищувати 10 – 15 [3, с. 314 – 350].

Водяні кліщі та рачки досягають іноді значного розвитку у біофільтрі; в аеротенку вони зустрічаються рідше. Живлячись найпростішими та відмерлою біоплівкою, ці організми сприяють повнішій мінералізації органічних речовин.

Найпоширеніші короткі грам негативні безспоріві палички, що належать до роду *Pseudomonas*. Постійно присутні у всіх типах очисних споруд представники родів *Bacterium*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Bacillus* тощо.

Також в очисних спорудах присутні нітрифікуючі бактерії та сіркобактерії.

Гриби належать до активних мінералізаторів, тому у процесах очищення гриби відіграють істотну роль. На очисних спорудах зустрічаються в основному гриби *Fusarium*, *Nematosporangium* [3, с. 314 – 350; 5, с. 53 – 60].

У більшості проб активного мулу, відібраного з лабораторної установки було визначено в досить великій кількості найпростіші (*Protozoa*). До них належать мікроскопічні одноклітинні організми, єдина клітина яких виконує всі життєві функції.

Визначено наявність інфузорії *Opercularia* (рис. 1 а) – стебло прозоре, розгалужене. Форми колоніальні, тіло овальне.

Серед війкових в активному мулі знайдена найбільш розвинена група *Hypotricha* – брюховійкових, представником є *Aspidisca*, які виносливі до зміни умов середовища, їх наявність є позитивним показником для оцінки якості активного мулу.

Крім того, також були визначені представники джгутиконосців *Choanoflagellata* (рис. 1 б) та коловерток (*Rotatoria*), які являють собою багатоклітинні організми, що досягають 2,5 мм в довжину. Вони мають сильну мускулатуру, їх легко відрізнити від найпростіших за сильними скороченнями тіла, вільними рухами, навіть якщо їх розміри іноді з розмірами найпростіших.

Черви (*Vermes*) активного мулу були представлені лише наявністю щетинконогих (рис.1 в).

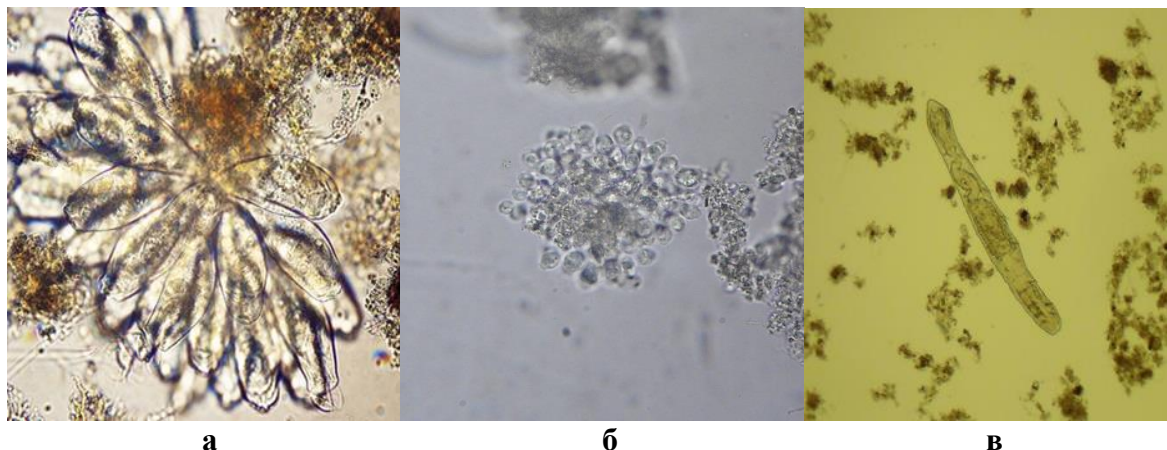


Рис.1. Гідробіонти аеробного активного мулу агропромислового комплексу:
 а - інфузорія *Opercularia*, б – джгутиконосці *Choanoflagellata*,
 в - Малощетинкові черви типу *Oligochaeta* (збільшення x90)

В процесі біологічного очищення вуглеводневмісних стічних вод, активний мул характеризувався значною різноманітністю найпростіших за видовим складом при невеликому кількісному переважанні одного з видів. Всі присутні організми були досить рухомі, в активному стані. Мул швидко осідав у вигляді великих важких пластівців, при цьому вода над мулом була прозора.

Поодинокі екземпляри дрібних джгутикових в мулі свідчили про нормальне проходження процесу біологічного очищення. Джгутикові мали розміри близько 10 мкм, тому вони були визначені мікроскопуванням лише при значному збільшенні (x400).

Так як вуглеводневмісні стічні води містять не достатню кількість поживних речовин необхідних для розвитку організмів активного мулу, тому в ньому були визначені такі представники, які характерні для голодуючого мулу, і які представлені на рис. 2.



Рис.2. Гідробіонти аеробного активного мулу вуглеводневмісних стоків:
 а - інфузорія *Chilodonella*, б – джгутикові роду *Bodo*, в -амеба *Amoeba radiosa*
 (збільшення x90)

Голодуючий активний мул характеризується найпростішими дрібних розмірів, організми були прозорими, без вакуолей. Зооглеї і пластівці мулу теж були прозорі, вода над мулом мала невелику каламуть, яка не осідала.

Також активний мул, який використовувався при очищенні вуглеводневмісних стічних вод, можна характеризувати як перевантажений. Спостерігалась мала якісна різноманітність видів, значна кількість безбарвних джгутикових, дрібних амеб та інфузорій, були виявлені також нитчасті бактерії *Sphaerotilus*.

Було проведено також дослідження організмів мулу в умовах нестачі кисню в лабораторному аеротенку. Були визначені інфузорії, коловертки, які були нерухомими, застиглими у витягнутому стані, деякі з них відмерлими. З інфузорій переважали *Paramecium caudatum*, які витривали в даних умовах та плавали у мулі, який почав загнивати.

Висновки

В результаті проведеного дослідження складу гідробіонтів активного мулу, який використовувався для очищення стічних вод агропромислового комплексу та для вуглеводневмісних стічних вод, можна зробити такі висновки:

- В обох випадках присутність вище названих гідробіонтів свідчила про ефективну роботу очисних споруд;

- При очищенні вуглеводневмісних стічних водах процес проходив повільніше, що пояснюється субстратом, який піддавався окисненню, склад гідробіонтів при цьому різнився;

- Біоценоз активного мулу, при окисненні вуглеводневмісних стічних вод характеризувався в основному наявністю декількох видів бактерій, присутністю щетинконогих червів, що пояснюється меншою кількістю та якістю поживних речовин у стоках, які необхідні для нормальної життєдіяльності організмів активного мулу.

У результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що для окиснення вуглеводневмісних стічних вод не потрібна присутність усіх можливих представників аеробного активного мулу, оскільки до даного виду забруднення можуть пристосуватися лише специфічні організми, які будуть окиснювати нафтопродукти, але цей процес відбувається з меншою швидкістю, ніж при очищенні забруднень стоків агропромислового комплексу.

У подальшому плануються провести дослідження по впливу пероксидом водню, термолізом при температурі 90 °С на організми активного мулу та його висушування, з використанням в якості палива.

Використані джерела

1. Актуальные проблемы очистки нефтесодержащих сточных вод / В.Н. Анатольский, К.М.Прокопьев, С.В. Олиферук [та ін.] // Журнал С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование). – 2007. – № 6. – С. 15 – 17.

2. Гудзь С. П. Мікробіологія: практикум, тести: навч. посіб. / С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, І. С. Білінська. – Львів: Львівський нац. ун-т ім. І. Франка, 2012. – 228 с.

3. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Жмур Н.С. – Москва: Акварос, 2003. – 512 с.

4. Ивчатов А.Л. Химия воды и микробиология: Учебник / Ивчатов А.Л. – Москва: Инфра-М, 2006. – 218 с.

5. Очищення стічних вод, що містять нафтопродукти / О.І. Семенова, Н.О. Бублієнко, Т.Л. Ткаченко [та ін.] // Наукові праці НУХТ. – 2012. – № 42. – С. 53 – 60.

6. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. – Vol. 3: The Firmicutes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.springer.com/978-0-387-95041-9 (дата звернення 15.12.2017).

7. Stabilization of Active Sludge after Wastewater Treatment Contaminated by Petroleum Products / O. Semenova, L. Reshutnyak, N. Bubljenko, T. Shylofost // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. – Vol. 2, Issue 67. – P. 86 – 90.

References

1. Aktual'nye problemy ochistki neftesoderzhashhih stochnyh vod – Actual problems of purification of oil containing effluents / V.N. Anatol'skij, K.M.Prokop'ev, S.V. Oliferuk [ta in.] // Zhurnal S.O.K. (Santehnika. Otoplenie. Kondicionirovanie) – S.H.C. Journal (Sanitary Technique. Heating. Climate Control) – 2007. – № 6. – S. 15 – 17 (in Russian).

2. Gudz' S. P. Mikrobiologija: praktykum, testy: navch. posib. – Microbiology: practicum, tests: training manual / S. P. Gudz', S. O. Gnatush, I. S. Bilins'ka. – L'viv: L'vivs'kyj nac. un-t im. I. Franka, 2012. – 228 s (in Ukrainian).
3. Zhmur N.S. Tehnologicheskie i biohimicheskie processy ochistki stochnyh vod na sooruzhenijah s ajerotenkami – Technological and biochemical processes of effluents purification at the premises equipped with aerotanks / Zhmur N.S. – Moskva: Akvaros, 2003. – 512 s (in Russian).
4. Ivchatov A.L. Himija vody i mikrobiologija: Uchebnik – Chemistry of water and microbiology: manual / Ivchatov A.L. – Moskva: Infra-M, 2006. – 218 s (in Russian).
5. Ochyshhennja stichnyh vod, shho mistjat' naftoprodukty – Purification of effluents containing oil products / O.I. Semenova, N.O. Bubljenko, T.L. Tkachenko [ta in.] // Naukovi praci NUHT – Scientific Proceedings of NUFT. – 2012. – № 42. – S. 53 – 60 (in Ukrainian).
6. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. – Vol. 3: The Firmicutes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.springer.com/978-0-387-95041-9 (дата звернення 15.12.2017).
7. Stabilization of Active Sludge after Wastewater Treatment Contaminated by Petroleum Products / O. Semenova, L. Reshutnyak, N. Bubljenko, T. Shylofost // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. – Vol. 2, Issue 67. – P. 86 – 90.