

# Саморегуляція активного мулу

КП «Міськводоканал» Сумської міської ради

*«Панове, останнє слово буде за мікробами»  
видатний французький мікробіолог і хімік Луї Пастер*

Л. Пастер зрозумів, що дрібні палички, видимі тільки в мікроскоп, – це величезний світ живих істот, і вони вимагають, щоб з ними зважали. У їхній владі здоров'я, хвороби, смерть. І питання, як із цим світом дружити, а за необхідності боротися, стало для Л. Пастера вирішальним.

**Так розпочиналася мікробіологія.**

Біологічне очищення міських стічних вод здійснюється на очисних спорудах міст за технологією, яка базується на використанні мікроорганізмів.

Тому підготовка принципово нового типу фахівців, як біолога-біотехнолога для біологічних очисних споруд є актуальною проблемою каналізаційних очисних споруд.



**Активним мулом** називається співтовариство мікроорганізмів головним чином флокульованих бактерій, що утворюється при інтенсивному русі забрудненого водного середовища.



Активний мул на аркуші бумаги



Активний мул в аеротенку

Активний мул представляє складну екологічну систему, мікроорганізми якої знаходяться на різних трофічних рівнях.

I трофічний рівень - бактерії, водорості, сапрофітові гриби та сапрофітові найпростіші;

II трофічного рівня - голозойні найпростіші (джгутикові, амеби та інші);

III трофічний рівень – хижі види (окремі види нематод, хижі коловертки, тихоходки, хижі гриби).

Популяції бактерій є основними деструкторами забруднень і складають приблизно 90 % від загальної біомаси (активного мулу).

На біологічних очисних спорудах в біоценозі активного мулу присутні представники **шести відділів мікрофлори** (бактерії; гриби; діатомові, зелені, синьо-зелені, евгленові мікроводорості) і **дев'яти таксономічних груп мікрофауни** (джгутиконосці, саркодові, інфузорії, первиннополосні і вториннополосні черві, малощетинкові черві, коловертки, тихоходки, павукоподібні).

Характерні зміни в біоценозі активного мула найкращим чином відображають протікання процесу біологічного очищення, дозволяють швидко оцінити його якісний рівень і зробити висновки про основні несприятливі чинники, що погіршує ефективність очищення стічних вод на станції очисних споруд.

Одноклітинні еукаріоти - це організми, тіло яких складається тільки з однієї клітини і містить ядро



*Умови проведення якісного біологічного очищення стічних вод на очисних спорудах є дуже складними для виконання і залежать від багатьох складових:*

- 1) наявності і оптимального співвідношення в стічних водах органічного вуглецю, азоту, фосфору та мікроелементів (сірки, марганцю, заліза, кобальту і інші);
- 2) дотримання гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин;
- 3) відсутності в стічних водах токсичних для мікроорганізмів речовин;
- 4) достатньої кількості кисню та інтенсивності аерації;
- 5) температурного режиму;
- 6) значення рН;
- 7) навантаження на мул за кількістю забруднюючих речовин;
- 8) часу контакту мулу і стічних вод;
- 9) конструктивних особливостей споруд;
- 10) біологічної схеми очищення, тощо.

*Для своєчасного та ефективного врегулювання основних умов протікання процесу біологічного очищення стічних вод необхідно знайти новий сучасний підхід , здатний враховувати особливості живлення мікроорганізмів активного мулу.*

*Необхідно зрозуміти, що біологічне очищення стічних вод в аеротенку по суті є багаторазовоприскорений природний процес самоочищення води, а аеротенк - модель природного водного об'єкту.*

*В природі кожний водний об'єкт має саморегулювання процесу очищення за допомогою мікроорганізмів активного мулу. Так само повинно бути в аеротенку за умови відсутності сильних токсикантів в стічних водах та здорового фізіологічного стану мікроорганізмів активного мулу в аеротенку.*

Для оцінки та регулювання біологічного очищення та самоочищення вод в 2010 році був розроблен метод гідробіологічного контролю - **БІОЕСТИМАЦІЯ** (від лат. aestimatio – оцінка, судження), автор доктор біологічних наук О.Г. Нікітіна.



На базі досліджень методу Біоестимації автор пропонує нову концепцію щодо поводження активного мулу в аеротенках на очисних спорудах, а саме:

*1. На всіх станціях аерації (СА) активний мул ідентичний. Відмінності пов'язані лише з порушеннями процесу. У будь-яких водних об'єктах гідросфери можуть створюватися аналогічні умови із заснуванням типових флокул активного мулу.*

*2. Усі СА є біологічними реакторами одного типу. Але регламент очищення різних стоків може відрізнятися, так як можуть містити речовини, які порушують очищення. У нормі процес очищення стічних вод всіх СА тотожній.*

*3. Надлишкового (зайвого), активного мулу не буває, його утворюється рівно стільки, скільки необхідно для деструкції конкретної кількості забруднень, що надходять на очищення, під час оптимізації процесу. Вся індустрія з переробки, транспортування та розміщення надлишкового мулу може виявитися непотрібною.*

*4. Концентрація (доза) активного мулу в процесі експлуатації кожної конкретної СА наростає до величини, характерної для цієї СА. Критерій норми - припинення нарощування концентрації активного мулу, за відсутності його видалення.*

*5. Активний мул не старіє, він безперервно самооновлюється в проточній системі при своєчасному відведенні метаболітів. Зрілий активний мул з віком 30-50 і більше діб, чистить воду краще, ніж молодий.*

Для підтвердження тез 1,2 нової концепції зроблено порівняння біоценозу активного мулу на очисних спорудах м. Суми та м. Чернігів.( таблиця 1)

<b>Характеристика активного мулу (АМ)</b>	
<b>Активний мул ОС м. Суми 03.06.21 р.</b>	<b>Активний мул ОС м. Чернігів 17.06.21 р.</b>
<p><b>Активний мул взятий для дослідження має:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>буро-коричневий колір;</i></li> <li>- <i>середні седиментаційні властивості (осідає повільно);</i></li> <li>- <i>надмулова вода прозора;</i></li> <li>- <i>опалесценції відсутня.</i></li> <li>- <i>присутні нитчасті бактерії типу 1701, <i>Microthrix parvicella</i> в невеликій кількості;</i></li> <li>- <i>кількість видів МО - 28;</i></li> <li>- <i>індикаторні мікроорганізми в задовільному стані.</i></li> </ul>	<p><b>Активний мул взятий для дослідження має:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>світло-коричневий колір;</i></li> <li>- <i>високі седиментаційні властивості (швидко осідає);</i></li> <li>- <i>надмулова вода прозора;</i></li> <li>- <i>опалесценція відсутня;</i></li> <li>- <i>присутні нитчасті бактерії типу 1701 в невеликій кількості;</i></li> <li>- <i>кількість видів МО - 29;</i></li> <li>- <i>індикаторні мікроорганізми в задовільному стані.</i></li> </ul>

За результатами мікроскопуванням встановлено ідентичність біоценозу активного мулу в аеротенках з різними умовами надходження стічних вод на очисні споруди. Слід зазначити, що на ОС м. Суми застосовуються аеротенки-витискувачі, а на ОС м. Чернігів аеротенки-змішувачі.

**Висновок:** Біоценоз АМ ОС м. Суми та ОС м. Чернігів має середнє видове різноманіття і оцінюється як достатній.



Для впровадження нового підходу до процесу саморегулювання росту активного мулу на очисних спорудах м. Суми **проведено експеримент**, суть якого полягає в оптимізації процесу біологічного очищення стічної води за допомогою **Методу біологічної індукованої активації** мікроорганізмів активного мулу стимулюючими агентами у вигляді двох карбонових кислот (лимонної та бурштинової) і настання процесу саморегулювання росту активного мулу в аеротенку без видалення надлишкового активного мулу.

*Метод біологічної індукованої активації є підвищення ферментативної активності мікроорганізмів активного мулу стимулюючими енергетичними агентами з подальшою його селекцією. В нашому випадку такими агентами є дві карбонові кислоти (лимонна та бурштинова кислоти).*



Результати проведеного експерименту наведені в таблиці 2

Таблиця 2 *Сезонні зміни дози активного мулу в аеротенках без виводу надлишкового активного мулу протягом року ( з серпня 2021 р. по липень 2022 р.) на очисних спорудах м. Суми*

Місяць, рік	Доза активного мулу в аеротенку, г/дм <sup>3</sup>				Середня доза АМ, г/дм <sup>3</sup>	Кількість проведених біологічних активацій АМ (дати)
	аеротенк №5	аеротенк №6	аеротенк №9	аеротенк №10		
Серпень 2021 р.	3,3	-	2,9	3,4	3,2	2 (9-10; 16-17)
Вересень 2021р.	3,4	3,5	3,3	-	3,4	3 (31-1; 21-22; 28-29)
Жовтень 2021 р.	4,2	4,1	3,9	-	4,1	1 (18-22)
Листопад 2021 р.	3,4	4,3	3,5		3,7	3 (1-2; 8-9; 23-24)
Грудень 2021 р.	2,7	2,5	-	2,9	2,7	3 (30-1; 7-8; 28-29)
Січень 2022 р.	1,7	1,6	-	2,0	1,8	4 (5-6; 11-12; 18-19; 15-26)
Лютий 2022 р.	2,1	2,3	1,7	2,1	2,1	4 (1-2;8-9;15-16;22-23)
Березень 2022 р.	-	2,6	2,2	2,5	2,4	1 (29-30)
Квітень 2022 р.	-	2,3	2,0	2,4	2,2	2 (19-20; 27-28)
Травень 2022 р.	-	2,4	2,3	2,4	2,4	4 (3-4; 10-11; 17-18; 24-25)
Червень 2022 р.	-	2,7	2,0	2,1	2,3	4 (31-1;7-8; 14-15; 28-29)
Липень 2022 р.	-	3,8	2,5	2,9	3,1	3 (5-6; 19-20; 25-26)
Серпень 2022 р.	-	4,7	2,3	2,7	3,2	3 (2-3; 9-10; 16-17)

Таким чином, проведений експеримент підтверджує тези 3,4,5 нової концепції очищення стічних вод, а саме:

- кількість проведених біологічних активацій залежить від результатів лабораторного контролю (хімічного та гідробіологічного);
- середня доза активного мулу має циклічний характер (значення дози мулу 3,2 мг/дм<sup>3</sup> повторюється через рік) ;
- середня доза мулу має сезонний характер: найсприятливіші умови росту дози мулу настають в осінній період; найгірші умови росту дози мулу настають в зимовий період.

Підсумкові результати лабораторного контролю процесу біологічного очищення стічних вод на очисних спорудах м. Суми за експериментальний період наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3. Середні концентрації забруднюючих речовин в очищених стічних водах на скиді в р.Псел в період початку та кінця експерименту.**

№ п/п	Показники	Концентрації на скиді за вересень 2021 р., мг/л	Концентрації на скиді за липень 2022р., мг/л	ГДК на скиді в р. Псел, мг/л
1.	рН	7,67	7,79	6,5 – 8,5
2.	БСК <sub>5</sub>	27,5	14,9	15,0
3.	ХСК	65,3	31,6	46,7
4.	Азот амонійний	1,64	0,43	2,3
5.	Нітрити	1,70	1,55	1,91
6.	Нітрати	46,60	37,0	41,38
7.	Сульфати	74,9	71,8	90,6
8.	Хлориди	109,2	92,4	127,6
9.	Фосфати	10,38	9,78	6,14
10.	Завислі речовини	19,8	14,0	15,0
11.	Нафтопродукти	<0,005	<0,005	0,005
12.	АПАР	0,06	0,06	0,07
13.	Залізо загальне	0,18	0,10	0,29
14.	Цинк	0,009	0,031	0,085
15.	Мідь	0,003	0,002	0,018
16.	Сухий залишок	747,3	688,7	923,0
17.	Розчинений кисень	8,48	7,92	4,0

## **Загальні висновки**

- 1. Покращення біологічної очистки на очисних спорудах м. Суми за період саморегуляції активного мулу без виводу надлишкового активного мулу.**
- 2. Метод біологічної індукованої активації мікроорганізмів активного мулу сприяє процесу саморегуляції росту дози активного мулу в аеротенку очисних споруд.**
- 3. Концентрація (доза) активного мулу в процесі експлуатації досягає конкретної величини, характерної для конкретних очисних споруд (мінімальна доза мулу -1,6 мг/л, максимальна доза мулу - 4,7 мг\л).**
- 4. За рахунок саморегуляції активного мулу досягається оптимізація процесу виводу надлишкового активного мулу , а саме зменшуються витрати на переробку, транспортування та розміщення надлишкового активного мулу.**