



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52696

(13) C2

(51) 7 C02F3/02,G01N33/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ АКТИВНОГО МУЛУ АЕРОТЕНКІВ СПОРУД
БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

1

(21) 99042284

(22) 22 04 1999

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Зайцева Ольга Василівна, Шаповал Людмила
Григорівна, Чернишов Сергій Іванович,
Мацківський Володимир Іванович, Жуков Віктор
Іванович(73) Акціонерне товариство "Науково-
технологічний інститут транскрипції, трансляції і
реплікації", Харківський Державний медичний
університет

(56) DE 3221966, 15 12 83

RU 2104967 C1, 20 02 98

Формы пострадиционного восстановления
растений Под ред. Д.М. Гродзинского, 1980, стр.
124-131Фауна аэротенков (атлас) Ред. Л.А. Кутикова,
1984, стр. 12-31(57) Спосіб контролю функціонального стану
активного мулу аеротенків споруд біологічного
очищення стічних вод, що включає відбір
активного мулу з аеротенку та проведення
кількісного обліку гідробіонтів у біоценозі
активного мулу методом мікроскопування, у
якому оцінюють характеристику надійності
функціонування активного мулу в умовах
нестационарності вхідних параметрів очисних
споруд, проводять кількісний облік та визначають
розмір показника структурної цілісності біоценозу
активного мулу за критерієм Шенона, а надійність
функціонування активного мулу оцінюють як
ймовірність безвідмовної роботи та розраховують

2

за формулою

$$R = 1 - \exp \left[\frac{\Delta t}{T} \cdot \ln \left(1 - \alpha \frac{S_2}{S_1} \right) \right],$$

де R - ймовірність безвідмовної роботи активного
мулу в процесі біологічного окислення стічних вод,
відносно одиниці,S₁ і S₂ - ентропійні показники структурно-
функціональної організації біоценозу активного
мулу, умовних одиниць,

$$\alpha = \frac{K_2}{K_1}.$$

коefficient видового різноманіття
гідробіонтів у біоценозі активного мулу, відносно
одиниці,T - час обертання активного мулу в системі
аеротенк - вторинний відстійник, час,Δt - час проходження активним мулом зони
змішування його зі стічною водою, час,з пороговим значенням R₀, яку знаходять
емпірично для конкретних очисних споруд у
попередніх спробах у лабораторних умовах на
модельних аеротенках-змішувачах у контактному
режимі за часом аерації, відповідним часу аерації
мулової суміші в промисловому аеротенку, з
урахуванням ефективності очищення, при цьому,
якщо розмір R знаходиться в діапазоні, від 0,05 до
0,08 / порогові значення R₀ /, то судять про
токсичний вплив, який неминуче призводить до
погіршення очищення, а якщо R більше R₀, то
вплив стічної води не порушує процесу очищенняЗапропонований винахід відноситься до способів
контролю функціонального стану активного мулу в
системах біологічного очищення стічних вод
промислових підприємств комунального та
сільського господарства й може бути
використаний, зокрема при формуванні
регламенту технологічного контролю на очисних
спорудах

Відомий спосіб кількісної оцінки функціонального

стану активного мулу для відновлення
закономірностей процесу біохімічного очищення
стічних вод з метою регулювання процесу
очищення в бажаному напрямку й удосконалення
його [1] Для чого проби активного мулу відбирали
з промислових аеротенків За ознакою кількості
організмів використовувалася мірна піпетка
об'ємом 1мг, у якій при шкільному підрахунку
визначалося кількість крапель Підрахунок робили

(13) C2

(11) 52696

(19) UA

в декількох краплях під накривним склом, після цього брали середню розмір для 1 краплі й підраховували вміст організмів у 1мл і 1л. Біомасу організмів визначали шляхом підрахунку, при цьому шкідливий з організмів був схожий на геометричну фігуру, об'єм котрої обчислювали. Визначення видів проводили з використанням визначників Каля (Kahe, 1930-1935), Кардса (Curds, 1969) для інфузорій, і за Бартошем (Bartos, 1959) для коповерток. Ядерний апарат фарбували ацетокарміном, для фіксації інфузорій використовували формалін і сулему, Euplotes імпрегнували сріблом сухим методом. Визначали також ХПО (біхроматне) стічних вод, БПО20, яку містить азоту амонійного, нітратів, фосфору, кількості активного мулу, значення р. Підтримували сталу концентрацію біогенів, активного мулу і р (80д).

Для установлення функціональної ефективності активного мулу одержували відношення між біомасою мулу з урахуванням чисельності організмів і ефективністю очищення стічних вод.

До недоліків цього способу слід віднести неможливість оцінки надійного показника функціонування активного мулу, бо в алгоритмі цього аналізу узагалі відсутній спосіб випробування біосистеми на надійність, не враховуються при аналізі структурно-функціональні властивості активного мулу, що практично виключає можливість оцінки біоценозу мулу в умовах нестационарності навантаження, для використаного у відомому способі критерію має місце суб'єктивізм оцінки, який поза ті базуються на приватних ознаках. Останні суттєво залежать від специфічних умов біохімічної очищення на різних підприємствах, результати оцінки одержані для стічних вод зі стаціонарним складом. Завдяки цьому використовувати рекомендації для реальних ситуацій на промислових очисних спорудах з високотоксичними навантаженнями не можна, бо в цьому випадку можна одержати помилкові уявлення,

добір проби активного мулу з аеротенку не індексований, при цьому в дослідженнях не враховується динаміка процесу взаємодії активного мулу зі стічними водами, а це означає, що для даного способу характерна значна динамічна помилка, велика трудомісткість і складність одержання результатів, тому що процедура визначення біомаси активного мулу поза складністю, характеризується низькою точністю із наявністю суб'єктивізму. Останнє пов'язане з тим, що біотестування об'єктів активного мулу при значній мінералізації - це дуже зграбна задача, яку в даний час можна розв'язати тільки за допомогою спеціальних вимірювальних систем та БОМ.

Слід звернути увагу на той факт, що характер функціонування і функція стійкості будь якої біосистеми безпосередньо зв'язані з фундаментальною властивістю - її надійністю. Крім цього показник надійності функціонування активного мулу (біосистеми на біоцинотичному рівні організації) тісно пов'язаний з показником якості біосистеми.

У цьому зв'язку відомий спосіб [2] аналізу функціонування біосистеми шляхом дослідження параметрів надійності, за допомогою контролю в прискорених методах іспиту за одним з факторів зовнішнього впливу. У цьому зовнішній вплив встановлюють інтенсивністю, яка не перевищує граничних рівнів. Параметри надійності (статистичний) розраховується за одним із критеріїв у вигляді математичної формули.

До того ж у прискорених випробуваннях біосистем різних рівнів організації для одержання надійних значень функціонування, використовують схеми, які враховують такі властивості універсальності схеми, виконання принципу адекватності в ході випробування, можливість проведення аналізу біосистеми - «аналіз».

До цих способів можуть належати такі фактори: неможливість використовувати відомі схеми прискорених випробувань для контролю функціонального стану активного мулу аеротенків промислових споруд біологічної очищення стічних вод,

у відомому способі міра надійності для біогеоценозу оцінювалася за кількістю видів, які знаходилися в стані високоефективного функціонування, до загальної кількості в біогеоценозі. Проте у випадках біоценозу активного мулу подібний контроль для оцінки функціональної надійності проводити не зовсім коректно. Останнє пов'язано з тим, що при одержанні критерію надійності не використана функція якості біосистеми у вигляді адитивних і мультиплікативних складових вектори стану.

Найбільш близьким до запропонованого способу контролю функціонального стану активного мулу аеротенків споруд біологічної очищення стічних вод, обраним у якості прототипу, є спосіб технологічного контролю роботи очисних споруд [3], відповідно до якого роблять добір проби активного мулу за допомогою ковша з аеротенку в заданому місці й проведення візуальної оцінки характеру активного мулу й кількісного урахування організмів у біоценозі активного мулу методом мікроскопування. При візуальній оцінці в стакані або скляному циліндрі (обсяг 100мл) враховуються такі показники: швидкість осідання бавовни (швидко, повільно), колір (бурий, рудуватий, чорний, білястий і т.д.), характер води над осілим мулом (прозорий, каламутний, пофарбований, опалесцентний), запах (гнильний, сірководневий, характерний для визначених хімічних речовин), стан мулу, наприклад, спухання при відшаровуванні. При аналізі фізіологічного стану підробітків активного мулу враховуються такі десять показників:

- 1 Переважні групи й види організмів біоценозу, у тому числі індикаторні організми активного мулу. Ступінь необхідно відзначити, що вибір індикаторних організмів роблять на основі експертних (суб'єктивних) оцінок.
- 2 Ступінь насиченості, ступінь прозорості цитоплазми.
- 3 Стан скорочувальних вакуолей і швидкість їхньої пульсації.
- 4 Форма тмулу.
- 5 Стан війчастого диску в прикріплених

нарколовійхових інфузорій (відчинити, зачинити)
 6 Інтенсивність роботи війчастого апарату
 7 Розмір організмів
 8 Характер розмноження (розподіл, кон'югація і т.д.)

9 Наявність цист

10 Наявність загиблих найпростіших організмів

Кількісне урахування організмів активного мулу шляхом мікроскопіювання в рахункових камерах різноманітних систем, або методом «відкаліброваної краплі» роблять шляхом розрахунку за формулою

$$D = \frac{s \cdot d}{\pi^2 \cdot v} \quad (1)$$

де, D - кількість досліджуваних організмів у 1 мл рідини,

d - кількість організмів в одному полі зору (середнє арифметичне із числа переглянутих полів зору),

π^2 - площа зору об'єктива, мм²,

S - площа накривного скла в мм² (18х18), 000, ++

V - об'єм рідини, мм³

Оцінка технологічного процесу очищення стічних вод за функціональним станом активного мулу проводиться на основі проведених досліджень з установленням ситуаційних градацій

мул перевантажений, що супроводжується погіршенням ефективності очищення,

помірковано навантажений мул (добрі працюючий при наявності нестационарності навантаження),

мул при низьких навантаженнях,

голодуючий мул

До хиб способів - прототипу способів технологічного контролю роботи споруд біологічної очищення стічних вод варто віднести

неможливість проведення оцінки надійнісних параметрів біоценозу активного мулу,

суб'єктивізм оцінки, яку проводять за індикаторними організмами в незалежності від специфіки конкретних очисних споруд, і велика

динамічна помилка аналізу, тому що виміри проводять протягом тривалого часу,

трудомісткість і складність одержання результатів, тому що критерій оцінки передбачає використання

статистичних методів аналізу

До того, алгоритм ситуаційних градацій побудований на інтуїтивних принципах

Всіх чому в умовах нестационарних навантажень на активний мул відомий метод контролю не

дозволяє проводити оперативний аналіз функціональної активності мулу, паємо більше з

установленням розміру усталеності й надійності функціонування біоценозу активного мулу

аеротенків Отут доречно особливо ще разом відзначити ті, що біоценоз активного мулу - це

зграбна біосистема, характеристики якої значною мірою змінюються як від вибраної технології

очищення, так і від характеристики субстрату, тобто виду забруднення стічних вод і частоти

залпових навантажень, які, до речі, бувають високотоксичними

У основу винаходу поставлена задача створити такий спосіб контролю функціонального стану

активного мулу аеротенків промислових споруд біологічної очищення стічних вод, який за рахунок

оцінки та одержання кількісної й надійності характеристики функціонування активного мулу з

урахуванням критерію якості біосистеми, дозволяє в дійсних умовах роботи проводити оперативний контроль При цьому оцінку надійності функціонування проводять через імовірність безвідмовної роботи активного мулу

Технічний результат, що може бути отриманий при здійсненні винаходу, полягає в тому, що з'являється можливість здійснити контроль стану активного мулу аеротенків споруд біологічної

очищення стічних вод, шляхом оцінки характеристики надійності функціонування

активного мулу в умовах нестационарності вхідних параметрів очисних споруд, з урахуванням

ієрархічності й мультипараметричної взаємодії окремих елементів біосистеми активного мулу Це

у свою чергу обумовлює можливість оперативного контролю й регулювання технологічного процесу й

регламенту очищення на конкретних спорудах

Поставлено задачу вирішувється за рахунок того, що в способі контролю функціонального стану

активного мулу аеротенків споруд біологічної очищення стічних вод, що включає відбір

активного мулу з аеротенку та проведення кількісного обліку підробітків у біоценозі

активного мулу методом мікроскопіювання, у якому, згідно з винаходом, оцінюють

характеристики надійності функціонування активного мулу в умовах нестационарності вхідних

параметрів очисних споруд проводять кількісний облік та визначають розмір показника структурної

цілісності біоценозу активного мулу за критерієм Шенона, а надійність функціонування активного

мулу оцінюють як імовірність безвідмовної роботи та розраховують за формулою

$$R = 1 - \exp \left[-\frac{\Delta t}{T} \cdot \ln(1 - \alpha \frac{S_2}{S_1}) \right] \quad (2)$$

де, R - імовірність безвідмовної роботи активного мулу в процесі біологічного окислення стічних вод, відносно одиниці,

S1 і S2 - ентропійні показники структурно-функціональної організації біоценозу активного мулу, умовних одиниць,

$\alpha = \frac{K_2}{K_1}$ - коефіцієнт видового різноманіття

підробітків у біоценозі активного мулу, відносно одиниці,

T - час обернення активного мулу в системі аеротенк - вторинний відстійник, час,

Δt - час проходження активним мулом зони змішування його зі стічною водою, час,

з пороговим значенням R0, яку знаходять

емпірично для конкретних очисних споруд у попередніх спробах у лабораторних умовах на

модельних аеротенках-сумішниках у контактному режимі за часом аерації, відповідним часу аерації

мулової суміші в промисловому аеротенку, з урахуванням ефективності очищення, при цьому,

якщо розмір R знаходиться в діапазоні, від 0,05 до 0,08/порогові значення R0 /, те судять про

токсичний вплив, який неминуче призводить до погіршення очищення, а якщо R більше R0, те

вплив стічної води не порушує процесу очищення

Ті, що в запропонованому винаході використані вищевказані ознаки, дозволяє досягти вирішення

поставлених задач, тому що метод аналізу надійнісних характеристик активного мулу аеротенків споруд біологічного очищення стічних вод з використанням прискорених засобів іспиту надійності біосистем дозволяє вирішити задачу, зокрема, оперативного контролю стану активного мулу, що важливо для здійснення технологічного потокового контролю очищення стічних вод в аеротенках. При проведенні кількісного обліку визначає значення показника структурної цілісності біоценозу активного мулу також забезпечує розв'язання поставленої задачі. За оцінкою надійності необхідно враховувати гетерогенність та неоднорідність біосистеми. У даний час уже повністю доведено, що гетерогенність системи це один з принципів надійності [4]. З огляду на те, що аналіз надійності функціонування активного мулу раніше ніколи не використовувався, необхідно більш докладно зупинитися на методологічному аспекті подібних досліджень.

Суть запропонованого винаходу й методологічний аспект.

Проблеми розробки критерію оцінки надійності функціонування біосистеми взагалі й активного мулу зокрема, у даний час особливо актуальні. Зараз вже очевидно, що для надійного дослідження біосистем необхідна спеціальна схема дослідження, наприклад шляхом прискореного методу іспиту надійності з наступним перенесенням отриманих результатів на об'єкт, що досліджується [5]. Але, до цього часу ще не розроблені способи оцінки надійності функціонування активного мулу аеротенка, котрі могли б бути використані в практиці біохімічного очищення стічних вод в умовах нестационарності технологічного процесу.

Як уже було сказано, гетерогенність й взаємозв'язність елементів функціонування. З іншого боку, гетерогенність обумовлена ієрархічністю структури й функції біологічного об'єкту. Вісь чому uszkodження, які виникли на самому нижньому рівні ієрархії, можуть передаватися, тобто формувати uszkodження на більш високих рівнях лише з деякою імовірністю. При цьому чим вище рівень, тим нижча імовірність виникнення uszkodження системи взагалі. Облік ієрархічної, мультипараметричної взаємодії окремих елементів біосистеми можливо здійснити шляхом аналізу функцій якості біосистеми. Для опису й оцінки якості біосистеми, яка розглядається як сукупність енергетичного, інформаційного й операторного блоків [6], можна використати критерій у вигляді

$$J = \sum_{i=1}^n \gamma_i \varphi_i(x_i) \cdot \Pi_{i=1}^n \omega_i(\varphi_i(x_i)), \quad (3)$$

де

J - оцінка якості біосистеми,

γ_i - коефіцієнт відносної важливості (представництва), одержаний за i -м параметром

оцінки, для якого існує нормування $\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$,

$\varphi_i(x_i)$ - часткові оцінки системи,

$\omega(\varphi)$ - штрафна функція або, інакше, функція

бажаності, належності [7]

Значення функції належності (бажаності, або штрафної функції) міститься в наступному [8] функція належності відображає належність об'єкту, який описується як модельний. Цей об'єкт описується в межах нечіткої множини за алгоритмом, наприклад чим вище значення коефіцієнта видової різноманітності організмів у біоценозі активного мулу, тим вище якість біосистеми, зокрема за показником функціональної стійкості і навпаки [9]. Використовуючи опис якості біосистеми (формулу 3), можна одержати вищезазначений критерій надійності (за формулою 2).

Ураховуючи, що найвища якість біосистеми забезпечується при максимально можливому значенні коефіцієнта видової різноманітності, а кількість видів у біоценозі є величиною кінцевою (залежить від виду поживного субстрату та умов існування біоценозу), то в найпростішому випадку функцію належності (ω) можна навести у вигляді

$$\omega = \begin{cases} \frac{K_j}{K_0} & 0 < K_j < K_0 \\ 1 & K_j \geq K_0 \end{cases} \quad (4)$$

Адитивну частину функціональної якості біосистеми можна подати через функціональну ентропію у вигляді

$$S = - \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N_i} \quad (5)$$

Таким чином, оцінка якості біоценозу активного мулу здійснюється у відповідності з виразом

$$J = - \frac{K_j}{K_0} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N_i}, \quad 0 < K_j < K_0 \quad (6)$$

Критерій Шеннона

де K_j , K_0 - число видів у j -й момент вимірювання, і для оптимального функціонування мулу,

N_i - загальна кількість організмів,

n_i - чисельність i -го виду активного мулу

T_i , що значення показника структурної цілісності біоценозу активного мулу визначають за критерієм Шеннона, забезпечує оцінку функціональної стійкості біосистеми [10], а це, у свою чергу, дозволяє оцінити надійність функціонування активного мулу [11].

Під стійкістю, яку трактуємо як «функціональна стійкість», розуміємо здатність біосистеми повертатися до початкового рівня інтенсивності функціонування при виключенні накладеного короточасного обурення на біосистему, можливо зі зміною її внутрішньої структури. Ця обставина дозволяє стверджувати, що вимірюваність стійкості автоматично призводить до вимірюваності надійності. Надамо визначення надійності біосистеми.

Надійність - це властивість біосистеми зберігати максимальний рівень функціональної активності в умовах нестационарності параметрів її існування, при цьому, наприклад, мірою надійності може бути ймовірність безвідмовної роботи.

Це пов'язано з тим, що інтенсивність відмови

(λ) можна оцінити через зміну показника структурної цілісності біоценозу мулу

$$\frac{S_1 - \alpha S_2}{S_1} = e^{-\lambda t} \quad (7)$$

Логарифмуючи, маємо

$$\ln \left[1 - \alpha \cdot \frac{S_2}{S_1} \right] = -\lambda t \quad (8)$$

або

$$\lambda = -\frac{1}{t} \ln \left[1 - \alpha \cdot \frac{S_2}{S_1} \right], \quad \alpha = \frac{K_j}{K_0}, \quad (9)$$

де, K_j , K_0 - число видів, T - характерний час функціонування мулу, зокрема, час обертів активного мулу в технології очищення

Тоді ймовірність безвідмовної роботи можна оцінити за формулою

$$R = 1 - \exp \left[-\frac{\Delta t}{T} \ln \left(1 - \alpha \cdot \frac{S_2}{S_1} \right) \right] \quad (10)$$

У даному випадку поведінка біосистеми може бути описана експоненціальним розподілом, у якому не розглядаються процеси відновлення [12], так як використовується прийом короткострокового типу аналізу в момент проходження мулом зони повного змішування стічних вод

Це припущення цілком закономірно в силу того, що за короткий інтервал часу ($\Delta t \ll T$) при дії стічних вод на активний мул елементи біосистеми, що відмовили, не встигають відновитися в процесі перебудови та адаптації. Тому, враховуючи рекомендації [13], та представництво про те, що в даній біосистемі за відмову приймається зміна структурної складності біоценозу, вищенаведений алгоритм оцінки надійності функціонування активного мулу можна рахувати об'єктивним критерієм. Отут доречно ще разом указати на евристичність даного підходу системного аналізу складаних біологічних систем з точки зору теорії функціональних систем [14]

Таким чином, спосіб контролю функціонального стану активного мулу аеротенків споруд біологічного очищення стічних вод, здійснюється наступними етапами (на фіг 1 подана блок-схема алгоритму дій, включаючи й розрахункові, при контролі функціонального стану активного мулу)

Із аеротенка роблять відбір проби активного мулу, у лабораторних умовах проводять кількісний облік складу підрибонтів у біоценозі активного мулу методом мікроскопування, використовуючи засіб каліброваної краплі. Вираховують значення ентропійного показника

$$S = -\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \cdot \log \frac{n_i}{N_i}, \quad (11)$$

де, N_i - загальна кількість організмів, тис організмів/мг активного мулу,

n_i - чисельність i -го виду активного мулу, тис організмів/мг активного мулу,

k - кількість видів підрибонтів

Пробу активного мулу відбирають із аеротенку в кінці зони змішування стічних вод й активного мулу. При цьому Δt установлюють з урахуванням часу проходження мулової суміші цієї зони. Характерний час (T) функціонування біосистеми активного мулу завдають, виходячи з часу повного

циклу обертів активного мулу. Цей час для кожної очисної споруди технологічно завдається свій. Надійність функціонування активного мулу оцінюють як ймовірність безвідмовної роботи та розраховують за формулою

$$R = 1 - \exp \left[-\frac{\Delta t}{T} \ln \left(1 - \alpha \cdot \frac{S_2}{S_1} \right) \right], \quad (12)$$

де, R - ймовірність безвідмовної роботи активного мулу в процесі біологічного окислення стічних вод, відносно одиниці,

S_1 і S_2 - ентропійні показники структурно-функціональної організації біоценозу активного мулу, умовних одиниць,

$$a = \frac{K_2}{K_1}$$

- коефіцієнт видового різноманіття підрибонтів у біоценозі активного мулу, відносно одиниці,

T - час обертів активного мулу в системі аеротенк - вторинний відстійник, час [15],

Δt - час проходження активним мулом зони змішування його зі стічною водою, час,

із завданням порожнім значенням R_0 , яку знаходять емпірично для конкретних очисних споруд у попередніх спробах у лабораторних умовах у модельних аеротенках-сумішниках у контактному режимі. При цьому час аерації в модельних аеротенках-сумішниках відповідає часу аерації мулової суміші в промисловому аеротенку. Аналіз ураховує ефективність очищення. Якщо розмір R знаходиться в діапазоні, наприклад, від 0,05 до 0,08/порогове значення R_0 /, то судять про токсичний вплив, який неминуче призводить до погіршення очищення, а якщо R більше R_0 , то вплив стічної води не порушує процесу очищення. Функція ймовірності безвідмовної роботи та функціонування активного мулу має такі властивості: при нормі R прямує до одиниці, при повній відмові, тобто, деградація структурної організації біоценозу активного мулу, R прямує до нуля. На фіг 2 наведень вид функції безвідмовної роботи в залежності від значення відносно структурно-функціональної організації біоценозу активного мулу для різних розмірів Δt при заданому характерному часі функціонування біосистеми ($T=24$ рік). Графіки 1 - випадок для $\Delta t = 16$ рік, 2 - $\Delta t = 8$ рік, 3 - $\Delta t = 4$ рік.

Приклад 1. Оцінка надійності функціонування активного мулу в умовах дії різних концентрацій токсиканту (СПАР)

Досліди проводили на лабораторних макетах аеротенків сумішників об'ємом 1л при температурі 20-22°C

Активний мул брали з регенератора промислових аеротенків Шебекінського хімізаводу. Стічну воду, яка надходила в аеротенки заводу з додаванням токсиканту в різних концентраціях, використовували як поживний субстрат.

Співвідношення об'ємів «активний мул» «стічна вода» брали 1 : 1. Вміст органічних речовин у початковій стічній воді за показником ХПО складав 1840 мг/л. Інтенсивність аерації установлювали за вмістом розчиненого кисню в муловій суміші на початку досліду (5,5, 6,0 мг/л pO_2). Ефективність виймання органічних речовин оцінювали за

показником ХПО у фільтрованих пробах Кількісний облік гідробіонтів активного мулу проводили за методом каліброваної краплі. Концентрацію активного мулу визначали за кількістю сухої речовини. Час аерації тривав 24 год, і він приймався як характерний час функціонування мулу (Т). Надійність оцінювали через 8 год контакту активного мулу зі стічною водою. За S0 приймали розмір ентропійного показника в контролі, тобто при відсутності в стічній воді токсиканту. Результати наведені в табл 1.

У другій серії дослідів токсикант заданої концентрації вели в проби активного мулу до контакту його зі стічною водою. Початковий вміст органічних речовин у стічній воді був 1800 мг/л (ХПО). Час інкубації дорівнював 1 годині. Після цього, як й у першому випадку, вели стічну воду, суспензію аерували протягом 10 рік, а відбір проби активного мулу для кількісного аналізу здійснювали через 2,5 рік. Оцінювали надійність

функціонування активного мулу та розмір ефективності очищення. У табл 2 наведені результати експериментів.

За результатами табл 1 та 2 очевидно, що показник надійності функціонування біоценозу мулу об'єктивно відображає стан біосистеми при різних вхідних параметрах (якості стічних вод).

Отут доречно ще разом відзначити, що у відомому способі не мопена досягнути точної та об'єктивної оцінки надійності функціонування біоценозу активного мулу, що обумовлено наступним оцінка за відомим способом заснована на емпіричних даних, які одержані для міських очисних споруд, у тієї час як за запропонованим способом можлива оцінка для будь-яких споруд та будь-яких ситуацій.

у відомому способі при аналізі використовуються кількісні характеристики тільки для індикаторних організмів, вибір яких здійснювали будь як, тобто для оцінки стану активного мулу належить суб'єктивізм, а це означає низьку точність аналізу,

Таблиця 1

Зміна надійності функціонування активного мулу в умовах інтоксикації

Види гідробіонтів	Концентрація токсиканта (СПАР), мг/л	0	125	250	500	1000
1		2	3	4	5	6
1 Arcilla		61,0	19,6	-	-	-
2 Centropyxis		131,7	88,2	46,2	-	-
3 Diffugia			372,3	538,2	-	-
		12,19				
4 Некоп'юрові жгутикові		36,6	39,21	7692,3	1010	1136,3
5 Aspidisca			-	-	-	-
		439,02				
6 Litonotus		36,6	-	-	-	-
7 Colpidium		48,8	19,6	-	-	-
8 Vorticella		87,8	-	-	-	-
9 Podophrya		2,4	-	-	-	-
10 Tocophya		2,4	-	-	-	-
11 Philodina		9,7	-	-	-	-
12 Brachionus		17,0	9,8	-	-	-
13 Dicranophoras		7,3	-	-	-	-
14 Cathypna luna		19,5	19,6	46,2	-	-
16 Nematoda		-	-	-	-	-
17 Notommata		-	-	-	-	-
18 Rotatoria		-	-	-	-	-
19 Epistylis		-	-	-	-	-
20 Carchesium		-	-	-	-	-
До (число видів)		15	7	4	1	1
N(загальна кількість)		2121,7	4450,8	8323,2	1010,0	1136,3
S(ентропійний показник)		0,620	0,209	0,134	0,000	0,000
P(надійність*)		1,000	0,055	0,020	0,000	0,000
Ефективність очищення %		96,0	92,0	87,0	75,0	54,0

$$* \frac{\Delta t}{T} = \frac{8}{24} = 0,33$$

з технології очищення стічних вод

обмеженість використання способів за прототипом пов'язана з палимо, що індикаторні організми, які характерні для міських очисних споруд, можуть бути відсутні в інших біоценозах,

Таблиця 2

Зміна надійності функціонування активного мулу в умовах інтоксикації, на який попередньо діяли токсикантом (лаурилсульфат натрія)

Види гидробіонтів	Концентрація токсиканта (СПАР), мг/л	0	125	250	500	1000
1		2	3	4	5	6
1 Arctilia		209	47	-	-	-
2 Centropyxis		65	70	47	-	-
3 Diffugia		233	-	-	-	-
4 Некопорові		-	-	-	-	-
жгутикові						
5 Aspidisca		177	-	-	-	-
6 Litonotus		23	-	-	-	-
7 Colpidium		23	-	-	-	-
8 Vorticella		-	-	-	-	-
9 Podophya		-	-	-	-	-
10 Tocophya		-	-	-	-	-
11 Philodina		5	14	-	-	-
12 Brachionus		-	-	-	-	-
13 Dicranophorus		-	-	-	-	-
14 Cathypna luna		-	5	-	-	-
15 Gastrotricha		-	-	-	-	-
16 Nematoda		-	-	14	-	-
17 Notommata		-	9	-	-	-
18 Rotatona		9	9	-	-	-
19 Epistylis		37	-	9	-	-
20 Carchesium		93	-	-	-	-
K (число видів)		10	6	3	0	0
N(загальна кількість)		874	154	70	0	0
S(ентропійний показник)		0,806	0,600	0,372	0	0
P(надійність*)		1,000	0,138	0,037	0	0
Ефективність						41
очищення %		93	91	74	61	54,0

$$* \frac{\Delta t}{T} = \frac{2,5}{10} = 0,25$$

** Розчин з токсиканту вносили за 1 год, до внесення стічної води (ХПО=1800мг/л)

рівномірність одержання коефіцієнта видового різноманіття, у силу того, що при аналізі враховуються не всі мікроорганізми біоценозу активного мулу, виключає оцінку надійності функціонування біоценозу активного мулу, в оцінці за відомим способом не враховується характеристика часу функціонування активного мулу (Т) а також динаміка реакції біоценозу на дію стічних вод, наприклад, шляхом чіткого установлення місця відбору з аеротенку активного мулу, оцінка за відомим способом дозволяє проводити аналіз технологічного процесу очищення за типом «добре-погано», а в запропонованому варіанті можлива кількісна оцінка показника надійності роботи

Приклад 2 Оцінка надійності функціонування

біоценозу активного мулу при діянні міді (CuSO₄•5H₂O)

Досліди проводили аналогічно, як і в першій серії прикладу 1 Результати наведені в табл 3

Таким чином, незалежно від природи токсиканту, показник надійності функціонування активного мулу дозволяє одержати об'єктивну оцінку процесу очищення в аеротенку

Для порівняльної оцінки ступені ушкоджуючої дії на активний мул можливо використовувати відносний показник зміни надійності (AR) розрахований за формулою

$$\Delta R = 1 - \frac{R_t}{R_0} \quad (13)$$

Таблиця 3

Зміна надійності функціонування активного мулу в умовах інтоксикації (міди)

Види гідробіонтів	Концентрація токсиканта (СПАР), мг/л	0	0,5	4	36	320
1		2	3	4	5	6
1 Arctilla		23	23	-	-	-
2 Centropyxis		-	-	-	-	-
3 Diffugia		11,5	46	17,2	5,7	-
4 Bodo		11,5	23	-	-	-
5 Aspidisca		17,2	5,7	-	-	-
6 Litonotus		11,5	17,2	5,7	-	-
7 Colpidium		5,7	-	5,7	-	-
8 Vorticella		57,5	74,7	17,2	160,9	-
9 Podophya		-	-	-	-	-
10 Tocophya		-	-	-	-	-
11 Philodina		23	11,5	-	-	-
12 Brachionus		-	-	-	-	-
13 Dicranophorus		-	-	-	-	-
14 Cathypna luna		5,7	-	-	-	-
16 Nematoda		17,2	-	-	-	-
17 Notommata		-	-	-	-	-
18 Rotatoria		-	-	-	-	-
19 Epistylis		40,2	57,5	28,7	-	-
20 Carchesium		-	-	-	-	-
K (число видів)		11	8	5	2	0
N(загальна кількість)		224,0	258,6	74,5	166,6	0
S(ентропійний показник)		0,939	0,796	0,624	0,065	0
P(надійність*)		1,000	0,273	0,113	0,004	0
Ефективність						
очищення %		94	92	85	65	46

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{8}{24} = 0,33$$

з технології очищення стічних вод

де, R_i - показник надійності функціонування активного мулу в досліді умовних од ,
 R_k - показник надійності функціонування активного мулу в контролі, умовних од

Для порівняльної оцінки ефективності роботи активного мулу аеротенків використовували відносний показник вмісту органічних речовин в очищеній воді за показником ХПО, який розраховували за формулою

$$\Delta XPO = i - \frac{XPO_i}{XPO_k}, \quad (14)$$

де, XPO_i - ХПО води в досліді, мг/л,

XPO_k - ХПО води в контролі, мг/л

При відсутності токсичного впливу на активний мул $\Delta \Psi = 0$, а при повному отруєнні активного мулу $\Delta \Psi = 1$

Приклад 3 По обґрунтуванню значення r_0

На фіг 3 наведені результати експериментів впливу токсикантів на активний мул, аж до самого його повного руйнування. Графік 1 - показник надійності, графік 2 - відносна ефективність очищення стічних вод, графік 3 - резерв надійності функціонування активного мулу після його опрацювання хімічним регулятором

Результати, подані на фіг 3 (а, в) показують, що збільшення концентрації токсиканта до деякого

граничного значення призводить до значного зниження надійності характеристики активного мулу, причому змінюється незначно

При подальшому збільшенні концентрації токсиканта значення $\Delta \Psi$ різко наростає при незначній зміні розміру R. Слід зазначити, що зміна R, що відповідають граничним значенням токсиканта, для досліджуваних речовин близькі і знаходяться в діапазоні від 0,05 до 0,1

Відомо, що хімічна регуляція функціональної активності біосистеми активного мулу призводить до зміни порогів відповідних реакцій. У цьому плані, нами проведені спеціальні дослідження з вивчення надійнісних характеристик активного мулу при хімічній регуляції процесу очищення стічних вод. На фіг 3 (б, г) продемонстрований вплив попереднього опрацювання активного мулу maleinovoю кислотою в концентрації 30мг/л на показники $\Delta \Psi$ і R при різноманітній інтенсивності токсичного хімічного впливу. Порівняльний аналіз графіків а-б і в-г відповідно показує, що опрацювання активного мулу maleinovoю кислотою збільшують поріг токсичного впливу, за яким настає різке

погіршення процесу очищення, шляхом реалізації механізмів, що забезпечують резервне

підвищення надійності функціонування активного мулу

Отримані дані показують на принципову можливість використання хімічної регуляції процесу біохімічного очищення токсичних стічних вод, тому що хімічні регулятори підвищують надійність функціонування активного мулу. А це, у свою чергу, підвищує ефективність очищення стічних вод. Таким чином, запропонований спосіб дозволяє

1 Здійснювати оперативний контроль процесу біохімічного очищення стічних вод в аеротенках

2 Оцінювати поріг токсичної дії стічних вод на ефективність процесу біохімічного очищення

3 Надати оцінку резервних можливостей біосистеми активного мулу по забезпеченню цільової функції в умовах короткострокової дії пошкоджуючих факторів

4 Здійснювати оцінку ефективності дії хімічних регуляторів, забезпечуючих токсикорезистентність активного мулу

Запропонований спосіб контролю функціонального стану активного мулу аеротенків споруд біологічного очищення стічних вод, може бути реалізований у лабораторії очисних споруд фахівцем-мікробіологом або альгологом (лаборантом). Тривалість аналізу однієї проби становить 1,5 рік (кількісний облік, розрахунок і аналіз результатів), тобто його можна віднести до експрес-способів технологічного контролю очищення стічних вод.

Використання способу найбільш ефективно в технології біохімічного очищення, токсикології та екологічному моніторингу

Джерела інформації

1 Мамаева Н.В. Зміна складу і чисельності організмів активного мулу в залежності від умов очищення стічних вод. - У кн. Найпростіші активного мулу. -Л., 1983. -С. 125-129

2 Кутлахмедов Ю.А. Дослідження надійності рослинного організму радіобіологічними методами. - У книзі: Форми післярадіаційного відновлення рослин. -К. Наукова думка, 1980. - 188с. -С. 124-131

3 Фауна аеротенків. Атлас / Під ред

Л.А. Кутикової. - Л. Наука, 1984. - 264с. с. 12-31

4 Гродзинский Д.М. Надійність рослинних систем. - К. Наукова думка, 1983. -368с. -С. 315-320

5 Кутлахмедов Ю.О. Методи випробувань надійності біологічних систем. - У кн. Надійність клітин і тканин. - К. Наукова думка, 1980. - С. 26-33

6 Полікарпов В.Г., Мацківський В.І. Находження параметрів надійності екосистем при антропогенній дії. - У зб. Тез докл. пленарних лекцій і симп. засідань І біофізичного з'їзду. - М., 1982. - С. 128

7 Гурарий В.І., Мацківський В.І. Отримання узагальнених характеристик токсичності стічних вод. - У зб. Стандартизація в обл. охорони природи і раціональне використання природних ресурсів. Тез докл. Всесоюзного симп. -М., 1982. - С. 67-68

8 Карташова Т.М., Шкарман В.П. Узагальнений критерій оптимізації. - функції бажаності // Інформаційні матеріали. - М. Наукова рада АН СРСР по комплексній проблемі «Кібернетика», 1970. -Т. 8. -С. 55-63

9 Яблуків А.В. Популяційна біологія. - М. Вища школа, 1987. -303с. - С. 160-163

10 Методи математичної біології. Кн.1. Загальні методи аналізу біологічних систем. //Під ред. Н.Н. Любимова. - К. Вища школа, 1980. - 239с.

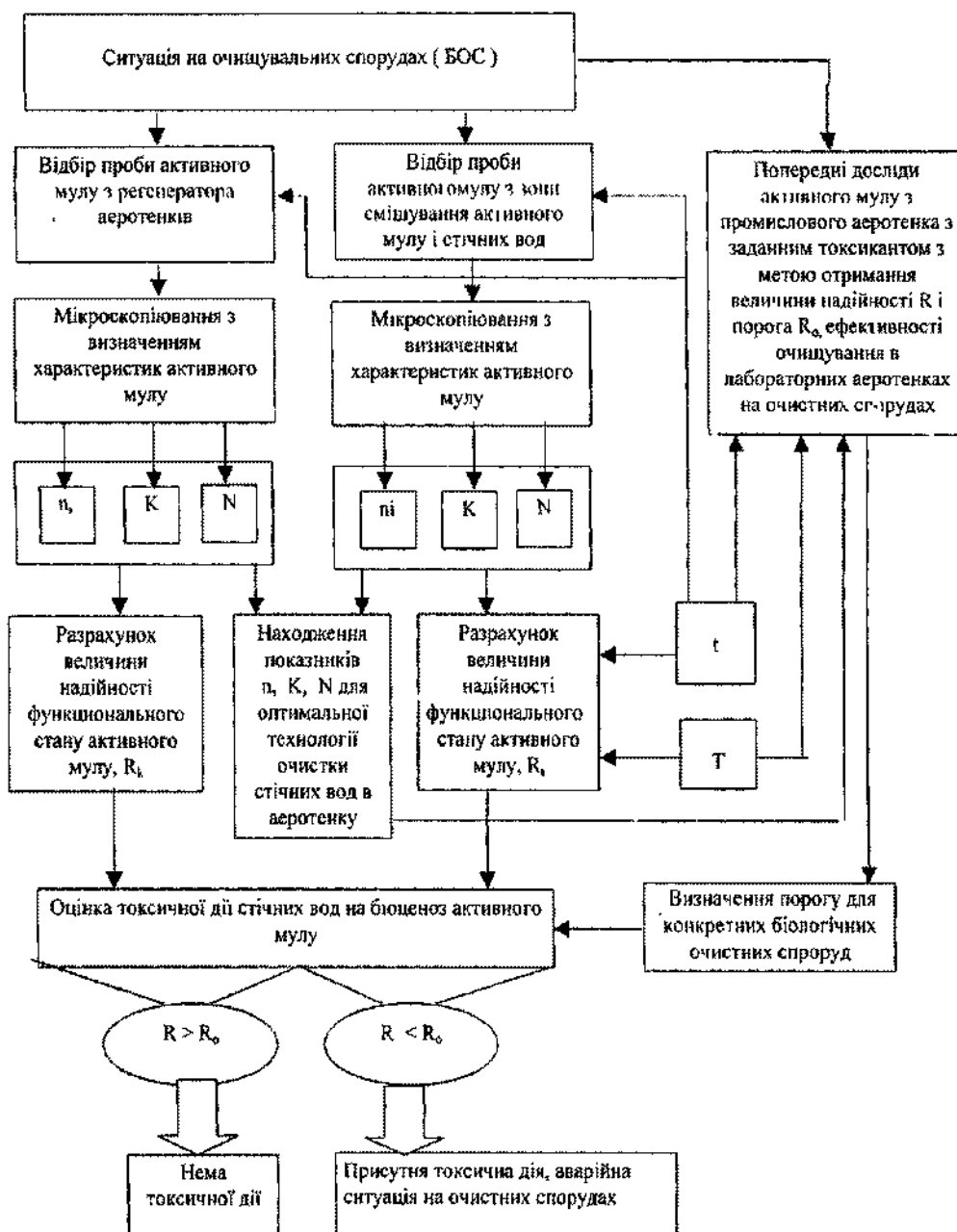
11 Печуркін Н.С., Дегерженджи А.Г. Надійність функціонування біологічних популяцій. - У зб. Системи надійності клітини. - Наукова думка, 1977. -С. 94-104, 145-164

12 Кочубинский А.І. ПРО застосування математичної теорії надійності до аналізу біологічних систем. -У зб. Надійність біологічних систем. -К. Наукова думка, 1985. -С. 17-25

13 Коваленко І.Н. ПРО математичну теорію надійності. - У зб. Системи надійності клітини. - К. Наукова думка, 1977. -С. 5-17

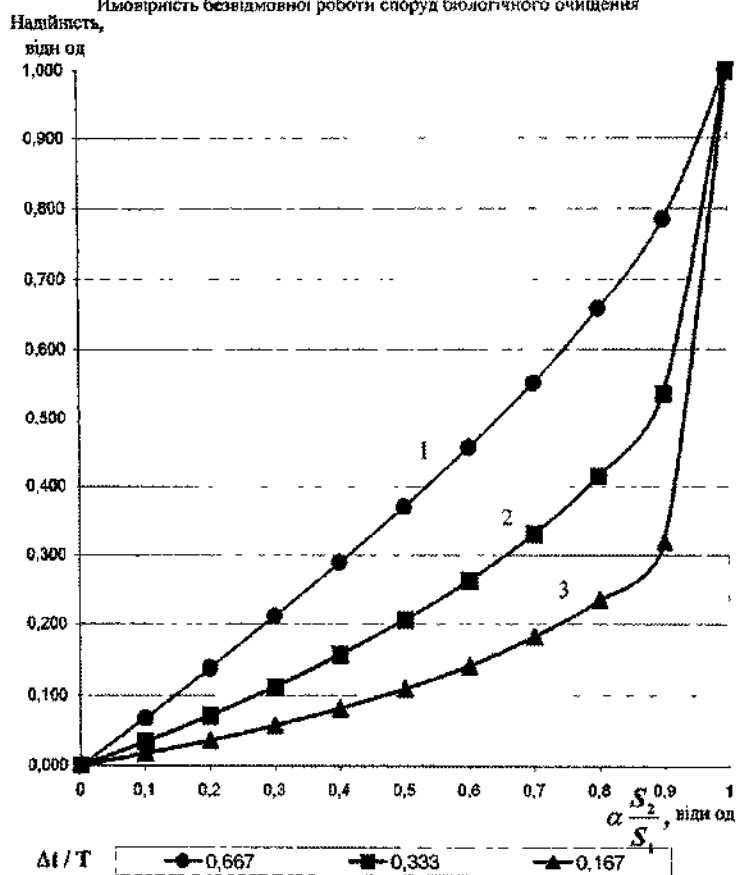
14 Левич А.П. Поняття усталеності в біології. Математичні аспекти // Людина і біосфера. - М., 1976. -1-С. 138-173

15 Вавілін В.О. Час обороту біомаси і деструкція органічної речовини в системах біологічного очищення. - М. Наука, 1986. - 144с.

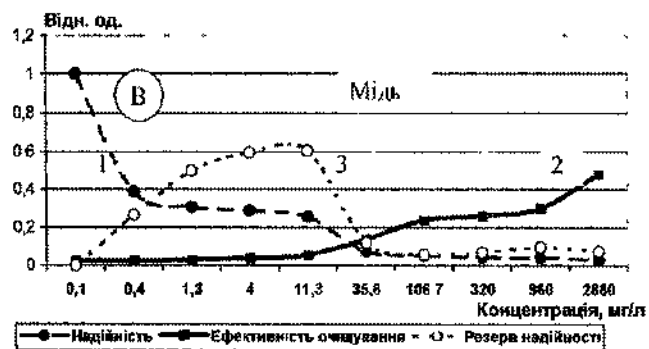
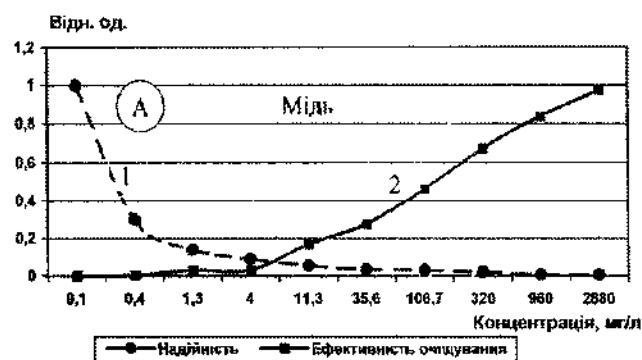


Фіг. 1

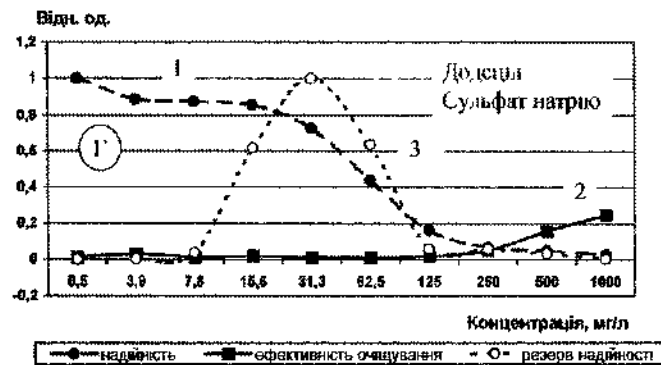
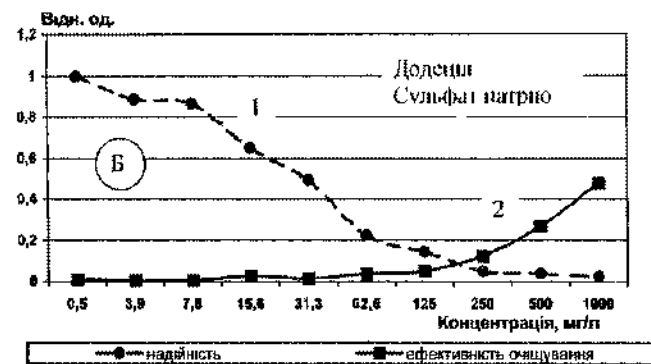
Ймовірність безвідмовної роботи споруд біологічного очищення



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 3