УДК 504. 064

МЕТОДИКА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОТЕСТУВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

О.О. Єфремова, І.П. Крайнов*

Хмельницький національний університет,

****Міжвідомчий екологічний центр НАН України***

Разработана компьютерная программа обработки результатов биотестирования, полученных при использовании метода регистрации параметров движения микроорганизмов с использованием лазерной доплеровской спектрометрии. Программа обеспечивает быструю обработку полученных данных и может быть использована для методов биотестирования, основанных на количественной оценке тест-отклика. Разработана математическая модель «концентрация примесей – тест-отклик» и математическая модель корреляции между концентрацией примесей и откликом тест-объекта. Эти модели позволяют вычленить влияние именно загрязняющих факторов на тест-объект и определить степень этого влияния.

Биотестирование, индекс токсичности, математическая модель

ВСТУП

При вирішенні проблеми якості питної води необхідно здійснювати ефективний її контроль. Контроль якості питної води, в тому числі бутильованої, може бути забезпечений різними методами, але, на наш погляд, є методи, які дають змогу не тільки експресної але й інтегральної оцінки якості води. Саме таким методом є біотестування.

За допомогою біотестування можливо оцінити не тільки біологічні наслідки використання тієї чи іншої питної води, а, головне, оцінити післядію техногенного впливу, ефективність застосування засобів доочистки на якість води.

УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Контроль впливу на тест-об'єкти забруднення води можливо проводити на різних рівнях складності – візуальні спостереження, використання мікроскопів і приладів у поєднанні з обчислювальною технікою, що дає можливість миттєвої обробки результатів. Метою даного дослідження є проведення біотестування за реєстрацією параметрів руху мікроорганізмів для оцінки якості питної води [1].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Обробка результатів біотестування отриманих при використанні методу лазерної доплерівської спектрометрії (ЛДС), полягає у

кількісній оцінці дії тестуємих питних вод на тест-об'єкт у порівнянні із контролем.

Кількісну оцінку можна проводити за відсотком інгібування або стимулювання відгуку тест-об'єкту (І) та за індексом токсичності (ІТ) [2].

Відсоток інгібування або стимулювання відгуку тест-об'єкту визначається за формулою:

$$I = 100\% - \left(\frac{K_1 \bullet 100\%}{K_2}\right), \qquad (1)$$

де І – відсоток інгібірування тест-відгуку тест-об'єкту (%);

K_1 – середнє значення тест-відгуку тест-об'єкту у досліді;

K_2 – середнє значення тест-відгуку тест-об'єкту у контролі.

При значеннях І < 1 проба, що тестується, має інгібуючий вплив, при І > 1 – стимулюючий вплив.

Для отримання порівнюємих результатів за підсумками тестування розраховували індекс токсичності питних вод для кожної тест-функції за формулою:

$$ITФ = \left(\frac{TФ_O}{TФ_K}\right), \qquad (2)$$

де $ТФ_0$ – значення реєструємого тест-відгуку в досліді;

$ТФ_к$ – значення реєструємого тест-відгуку у контролі.

Величина ІТФ змінюється від 0 до М, де М – будь-яка позитивна величина.

Середнє значення індексу токсичності питних вод для кожної проби розраховували за формулою:

$$IT = \frac{\left(ITФ_1 + ITФ_2 + \ldots + ITФ_n\right)}{n}, \qquad (3)$$

де $ІТФ_1$, $ІТФ_2$, $ІТФ_n$ – індекси токсичності, розраховані для кожної тест-функції;

n – кількість тест-відгуків, задіяних в експерименті для конкретної проби води.

Як тест-відгук використовували: рухливість клітин, частоту обертання клітин, швидкість руху клітин, енергію, що витрачається на рух клітин.

Дані, що отримані при інших методах біотестування також можна обробляти за даною методикою.

Проба вважається токсичною для даного тест-об'єкту, якщо величина тест-відгуку в досліді достовірно є нижча за таку у контролі. Проби, що тестуються мають стимулюючі властивості, наприклад, прискорення розвитку, якщо величина тест-функції в досліді вірогідно вище такої у контролі.

Створена комп'ютерна програма обробки результатів біотестування. Програма дає можливість швидко і зручно розрахувати усі вищеописані параметри.

Дані, отримані в дослідах, вводяться у відповідні поля (вони виділені зеленим кольором). Програма, розраховує параметри, що виводяться в рожевих ячейках. Програма здатна «вести діалог» з користувачем, що полегшує роботу з нею.

Розроблено математичну модель «концентрація домішок – тест-відгук», яка описує взаємозв'язок між тест-відгуком та концентрацією домішок.

Тест-відгук (Р) залежить від концентрації домішок. Досліджувати такий зв'язок доцільно на модельних розчинах. Математична модель, що описує такий взаємозв'язок, має вигляд:

$$P = F^1(C), \text{ де} \qquad (4)$$

F^1 – функція, яка описує кореляцію між відгуком тест-об'єкту та концентрацією (С) домішок.

Дослідні дані, отримані при біотестуванні можна представити графічно (рис. 1).

Проаналізувавши отриманий графік можна підібрати рівняння, що буде описувати взаємозв'язок відгуку та концентрації домішок (кожна проба води характеризується певним складом та концентрацією домішок).

$$\begin{cases} P = F^1(C_1) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ P = F_N^1(C_N) \end{cases} \qquad (5)$$

Для визначення кореляції між впливом домішок та відгуком тест-об'єкту розроблено математичну модель.

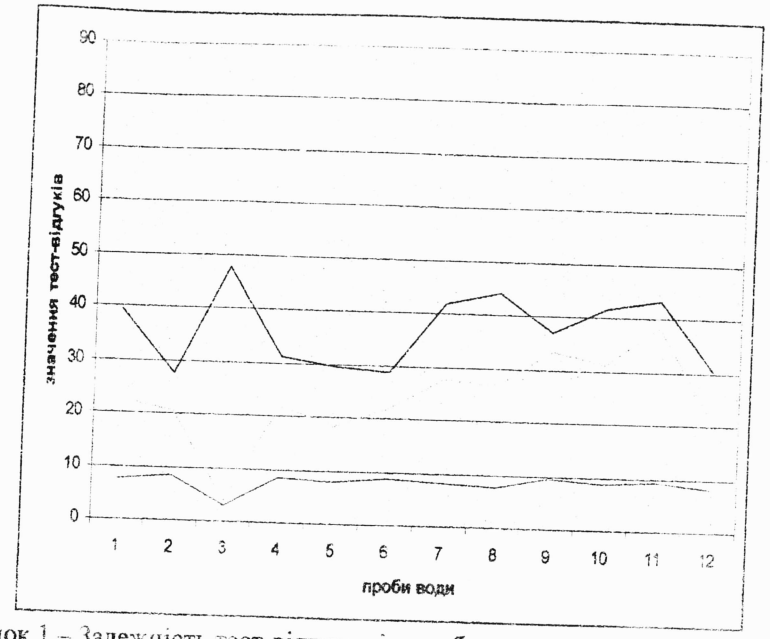

Рисунок 1 – Залежність тест-відгуку від проби води

Для вод, що містять певну сукупність домішок, можна використати відповідну модель. Для створення цієї математичної моделі ми використали метод однофакторного дисперсійного аналізу результатів серії дослідів [3]. Дослідження (біотестування) проводилися за реєстрацією параметрів руху мікроорганізмів за допомогою ЛДС. Тест-відгуками за цим методом біотестування є такі параметри руху мікроорганізмів:

- середня швидкість поступального руху клітини;
- доля рухливих клітин;
- середня частота обертання тіла клітини;
- відносні енергозатрати на рух у в`язкому середовищі.

Математична модель, що описує кореляцію між впливом домішок та відгуком тест-об'єкту за результатами вищеописаного методу біотестування має вигляд:

$$\begin{cases} Y_{р} = \mu + d_i + \varepsilon_{ij} \\ Y_{ч} = \mu + d_i + \varepsilon_{ij} \\ Y_{шв} = \mu + d_i + \varepsilon_{ij} \\ Y_{ен} = \mu + d_i + \varepsilon_{ij} \end{cases}, \text{ де} \qquad (6)$$

Yр, Yч, Yшв, Yен – результати спостережень за, відповідно: долею рухливих клітин, середньою частотою обертання клітини, середньою швидкістю поступального руху клітини та відносними енергозатратами на рух у в'язкому середовищі; μ – сумарний ефект у всіх дослідах; d_i – ефект фактору А на і-тому рівні (i=1, 2, ..., k); ε_{ij} – похибка вимірювання на і-тому рівні.

Для кожного тест-відгуку ми прийняли таку нульову гіпотезу: дисперсія результатів обумовлена впливом домішок. Вибір однофакторного дисперсійного аналізу обумовлений тим, що досліди проводяться у стандартних умовах, тому інші фактори впливу (температура, освітленість і т. ін.) вважаємо постійними, тобто такими, що не викликають дисперсії результатів.

Для кожного виразу проводилося 12 спостережень (дослідження 12 проб води). На кожному рівні фактору проведені розрахунки при рівному числі дослідів. Результати біотестування представлені у вигляді матриці:

39,48	27,703	47,639	31,356	29,689	28,918	41,991	44,133	36,924	41,584	43,411	30,526
7,619	8,616	2,886	8,38	7,844	8,742	8,138	7,816	9,499	8,678	9,388	8,312
64,764	73,237	24,533	71,227	66,67	74,306	69,169	66,44	80,744	73,766	79,797	70,652
22,895	20,53	3,959	22,037	18,323	22,053	27,752	26,962	33,391	31,340	38,333	21,075

За результатами дисперсного аналізу зроблено висновок, що дисперсія отриманих відгуків залежить від складу та концентрації домішок (нульова гіпотеза приймається). Отже, показано наявність кореляції між впливом домішок на тест-об'єкт та його поведінкою-відгуком.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена комп'ютерна програма обробки результатів біотестування, що отримані при використанні методу реєстрації параметрів руху мікроорганізмів за допомогою лазерної доплерівської спектрометрії. Програма забезпечує зручну та швидку обробку дослідних даних і дає змогу отримати кількісні показники токсичності (індекс токсичності).
2. Математичним відображенням принципу біотестування стала запропонована нами математична модель «концентрація домішок – тест-відгук». Дисперсійним аналізом дослідних даних доведено, що дисперсія отриманих відгуків залежить від складу та концентрації домішок.
3. Вказана програма може бути використана для інших методів біотестування, результати яких передбачають кількісну оцінку тест-відгуку.

Перспективою подальших досліджень є вдосконалення методик біотестування питної води.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *www.molfar.com/lds/LDS_DunaliellaPedinomonas.pdf Власенко В.В., Исследование фоточувствительности одноклеточных подвижных микроводорослей методом доплеровской спектрометрии.*
2. *Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: Дис. канд. биол. наук. 03.00.16. – Ставрополь, 2005. – 160 с.*
3. *Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А. Информационная экология. – СПб.: Нордмед-Издат, 1998. – 208 с.*

TECHNIQUE OF PROCESSING OF RESULTS OF BIOTESTING OF POTABLE WATER

O.O. Efremova, I.P. Kraynov

The program of processing of results of the biotesting received at use of a method of registration of parameters of movement of microorganisms. The program provides fast processing the received data and can be used for the methods of biotesting based on a quantitative estimation the test-response. The mathematical model "concentration of impurity – the test-response" and mathematical model of correlation between concentration of impurity and the response the test-object is developed. These models allow to isolate influence of polluting factors on the test-object and to define a degree of this influence.