

документам на СИ. Он отражает реальную динамику значений параметров прогнозной ФР от поверки к поверке, в том числе и времени наработки на МО, и может быть использован для дальнейших исследований СИ на метрологическую надежность.

Процесс поверок аналогичным образом повторяется до момента времени, при котором  $P_{\text{но}} = 0,9 \pm 0,1$ ,  $\xi_{\text{хк}}(t_{\text{хк}}) = 0,9\xi_{\text{нд}}$  или  $T_{\text{нок}} = 0,9T_{\text{но}}$ .

Дальнейший процесс определения действительного значения  $T_{\text{но}}$  требует пересмотра продолжительности интервалов времени между поверками.

После проведения всех поверок, полученные текущие значения погрешностей, времени наработки на МО, значения ширины полосы неопределенности и значения приращений времени наработки на МО до верхней и нижней границ документируются и запоминаются в базе знаний поверочной лаборатории.

### Выводы

Впервые в мире описан запатентованный в Украине метод прогнозирования и определения времени наработки средства измерений на метрологический отказ, в основу которого положена синтезированная вероятностно-физическая модель метрологических отказов средств измерений, описываемая гибкой многопараметровой функцией распределения Кондратова – Вейбулла.

Показана возможность появления «условных промахов» при определении погрешности и времени наработки на метрологический отказ при проведении той или иной поверки. Их условность устанавливается только после проведения последующей поверки, анализа полученных данных и проведения кривой прогнозной функции распределения с новыми значениями параметров.

T-метод динамической нелинейной регрессии является эффективным и универсальным методом благодаря обеспечению высокой точности прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ. Он может быть реализован также при ВФ-моделях МО на основе функций распределения Кондратова – Коши, Кондратова – Лапласа и т.д.

### Литература

1. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: новый метод прогнозирования и определения времени наработки на метрологический отказ. Сообщение 1 / Кондратов В.Т. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2010. – № 4 – С. 138-148.

2. Пат. України на винахід № 90122 С2. Спосіб визначення часу наробітку на метрологічну відмову засобу вимірювання / Кондратов В.Т. / Бюл. №7, 2010.

Надійшла 20.11.2010 р.

УДК 004.42: 504 (477)

О.О. ЄФРЕМОВА, В.М. ДЖУЛІЙ, Л.Л. ГРАБОВСЬКА  
Хмельницький національний університет

## РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ БІОТЕСТУВАННЯ

*Розроблена комп'ютерна програма обробки результатів біотестування, отриманих при використанні методів біотестування, що базуються на кількісній оцінці тест-відгуку. Дана програма дозволяє отримати не лише точні результати, а й діаграми тест-індексів, за якими можна дати оцінку впливу середовища, що досліджується на тест-організм.*

*The program of processing of results of biotesting is developed. Results of biotesting should be based on a quantitative estimation of the test response. The program allows to receive exact results, diagrams of test indexes on which it is possible to estimate influence of the investigated environment on a test-organism.*

Ключові слова: біотестування, індекс токсичності, обробка результатів біотестування.

### Вступ

Останнім часом все більшого поширення та застосування набуває біотестування, яке дає змогу отримати достовірну інформацію про стан досліджуваного середовища. При проведенні біотестування одним з головних аспектів отримання достовірної інформації є обробка результатів. Ця частина дослідження є найбільш трудомісткою та вимагає значної уваги та точності при проведенні. Саме для вирішення проблеми швидкості і точності обробки результатів біотестування і необхідна комп'ютерна програма.

Постановка задачі

Для отримання порівнюваних результатів за підсумками тестування розраховують індекс токсичності [1] для кожної тест-функції за формулою:

$$IT\Phi = (T\Phi_0 / T\Phi_k), \quad (1)$$

де  $T\Phi_0$  – значення, що реєструється тест-відгуку в досліді;

$T\Phi_k$  – значення, що реєструється тест-відгуку у контролі.

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

Середнє значення індексу токсичності для кожної проби розраховують за формулою:

$$IT = (IT\Phi_1 + IT\Phi_2 + \dots + IT\Phi_n) / n, \quad (2)$$

де  $IT\Phi_1, IT\Phi_2, IT\Phi_n$  – індекси токсичності, розраховані для кожної тест-функції;  
 $n$  – кількість тест-відгуків, задіяних в експерименті для конкретної проби [2].

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

Метою нашої роботи стало створення комп'ютерної програми для обробки результатів біотестування за вищевказаними формулами.

### Результати та їх обговорення

Для прискорення обробки результатів, отриманих при біотестуванні, ми створили комп'ютерну програму – «Визначення індексу токсичності за результатами біотестування» [3]. Програма дає можливість швидко і зручно:

- розрахувати індекс токсичності будь-якого досліджуваного середовища,
- побудувати діаграми за значеннями індексу токсичності по пробах,
- побудувати діаграми динаміки індексів токсичності,
- побудувати діаграми за значеннями індексів токсичності за всіма тест-функціями,
- побудувати діаграми динаміки індексів токсичності за всіма тест-функціями.

Програма створена за допомогою мови програмування Delphi.

Програма здатна «вести діалог» з користувачем, що полегшує роботу з нею. Події в програмі ініціюються:

- діями користувача,
- повідомленнями, які надходять від системних або інших додатків,
- додатком, що використовується.

Головний інтерфейс програми «Визначення індексу токсичності за результатами біотестування» (перше діалогове вікно) зображено на рис. 1.

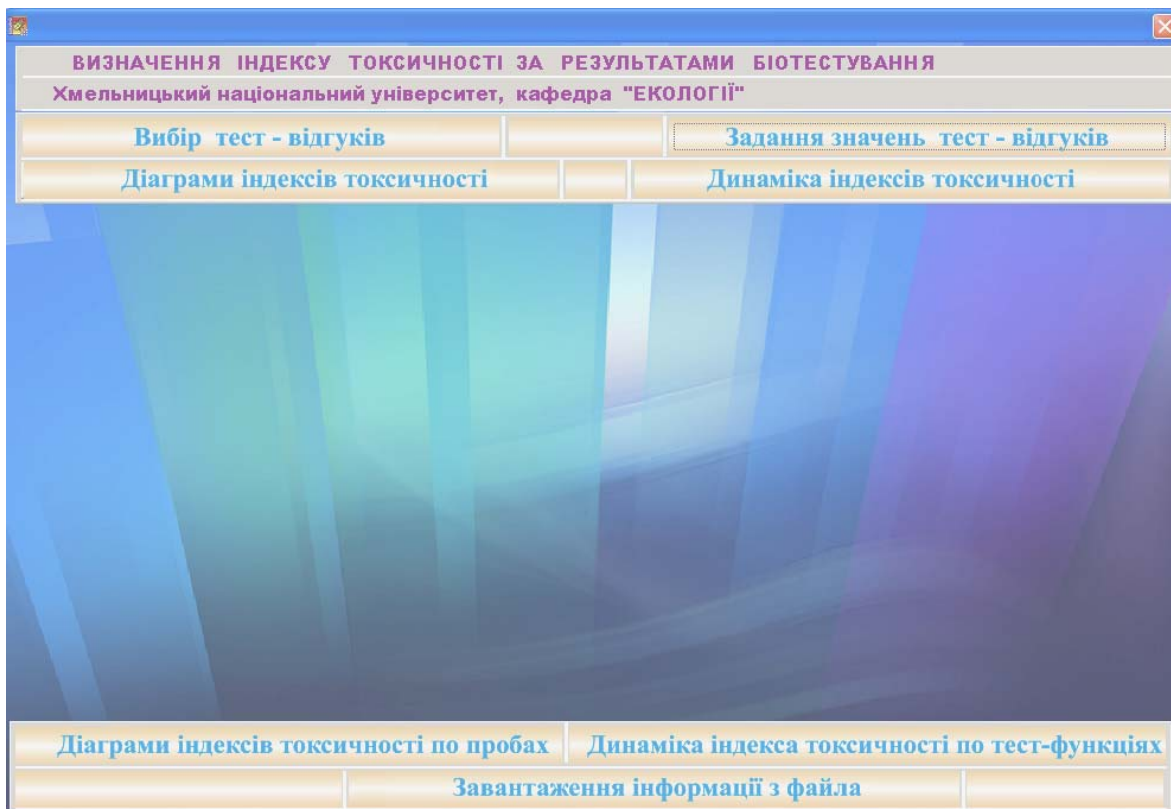


Рис. 1. Головний інтерфейс програми «Визначення індексу токсичності за результатами біотестування»

У верхній частині діалогового вікна розміщуються назва програми та установи, в якій створено програму. Також тут розміщені кнопки:

- «Вибір тест-відгуків», що призначена для відкриття діалогового вікна, в якому проводиться вибір тест-відгуків, що враховуються у відповідній методиці біотестування;
- «Задання значень тест-відгуків», за допомогою цієї кнопки відкривається діалогове вікно призначене для введення значень тест-відгуків;
- «Діаграми індексів токсичності», призначена для відкриття вікна, в якому за результатами

розрахунків будуються діаграми індексів токсичності за серією проб кожного досліджу;

- «Динаміка індексів токсичності», призначена для відкриття вікна, в якому за результатами розрахунків будуються діаграми динаміки індексів токсичності за відповідною пробою серії дослідів.

У нижній частині діалогового вікна розміщені кнопки:

- «Діаграми індексів токсичності по пробах», призначена для відкриття вікна, в якому автоматично будуються діаграми за значеннями індексів токсичності всіх врахованих тест-відгуків за кожною пробою ряду дослідів;

- «Динаміка індексу токсичності по тест-функціях», яка призначена для відкриття діалогового вікна, де автоматично будуються діаграми за кожним тест-відгуком відповідних проб ряду дослідів;

- «Завантаження інформації з файлу», призначена для відкриття діалогового вікна, в якому обирається файл із збереженими даними попередніх розрахунків. Така функція необхідна при перегляді проведених розрахунків, а також при їх корегуванні.

На початку роботи з програмою у діалогове вікно «Блокнот» (рис. 2) вводяться тест-відгуки, які автоматично заносяться у діалогове вікно «Вибір тест-відгуків». Такий підхід є зручним при обробці даних отриманих при біотестуванні за різними методиками, оскільки при розрахунках можливо обрати певний перелік тест-відгуків (властивий для певного тест-об'єкту та методики біотестування), або окремих тест-відгуків (рис. – 2).

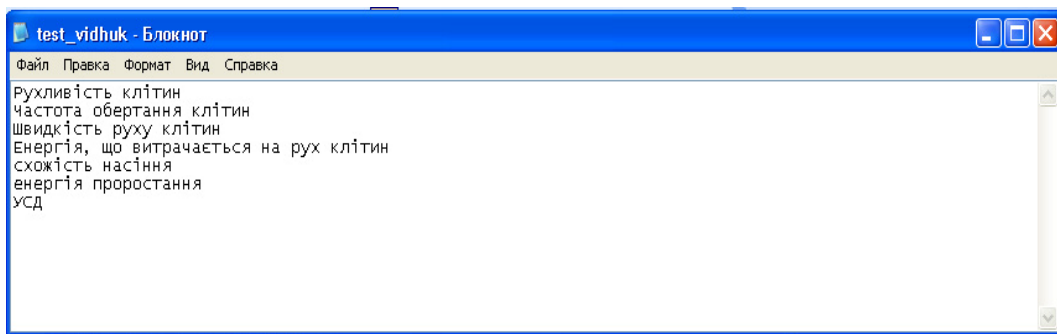


Рис. 2. Діалогове вікно «Блокнот»

Діалогове вікно «Вибір тест-відгуків» (рис. 3) дає можливість обрати тест-відгуки. Його дизайн зроблений у формі, знайомій користувачам по роботі з МО Accesse та LinuxBase. У вікні розміщено два поля: в лівому – тест-відгуки, які були записані у блокноті, в правому – тест-відгуки, що обрані для розрахунків. Для вибору тест-відгуку необхідно лівою клавшею миші клацнути на необхідну назву тест-відгуку, далі – на кнопку **>>**. Після чого обраний тест-відгук з'являється в правому полі. Кнопка **<<** призначена для повернення (наприклад, при невірному переміщенні у праве поле) обраного тест-відгуку у ліве поле («Тест-відгуки»). Після закінчення процедури вибору тест-відгуків необхідно лівою клавшею миші клацнути на кнопку **Ok**.

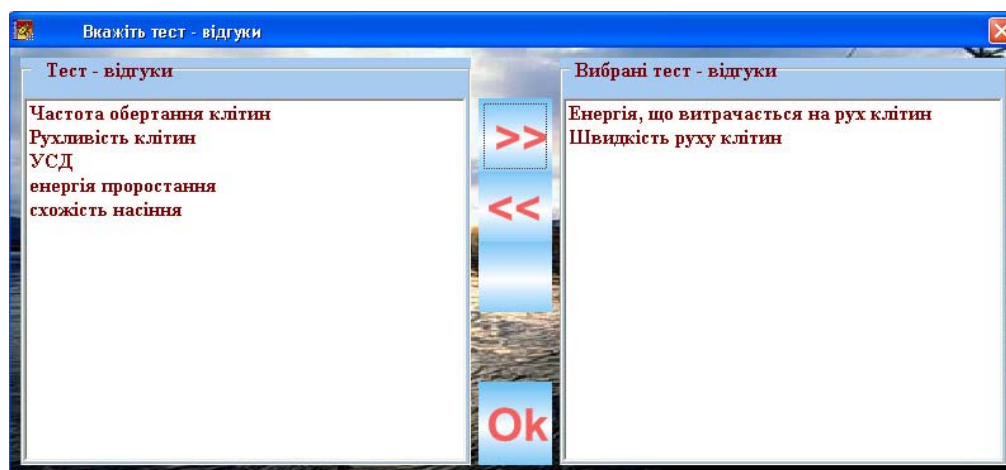



Рис. 3. Діалогове вікно «Вибір тест-відгуків»




Наступним кроком є занесення значень тест-відгуків, які були отримані при біотестуванні, у вікно «Задання значень тест-відгуків». При цьому спершу з'являється діалогове вікно «Вхідні дані» (рис. 4), в якому необхідно вказати кількість дослідів та кількість проб у кожному досліді. Після введення кількості необхідно лівою клавшею миші клацнути на кнопку  і одразу з'явиться наступне діалогове вікно

«Задання значень тест-відгуків».



Рис. 4. Діалогове вікно «Вхідні дані»

Далі заносяться дані результатів по кожному тест-відгуку у досліді (по кожній пробі) та у контролі. В лівому полі вікна знаходяться назви тест-відгуків, в правому заносяться значення тест-відгуків, які отримані в досліді та в контролі. Значення контролю автоматично зберігаються для наступних проб по кожному досліді (заносяться лише один раз, на початку введення даних досліді). В нижній частині діалогового вікна розташовані поля «ДОСЛІД» та «ПРОБА», в жовтих ячейках яких вводяться назви досліді та проб. Назва досліді автоматично зберігається до моменту введення всіх значень та назв проб даного досліді (саме для цього і були задані кількість дослідів та проб в досліді). Після введення останньої проби першого досліді, ячейка досліді з'являється пустою для введення назви наступного досліді і т.д. Значення тест-відгуків вводяться з точністю до двох або трьох знаків після коми. Програма автоматично переводить введені значення до 13 знаків після коми, що робить результати розрахунків максимально точними.

Кнопка  призначена для переходу до наступної проби (наступного досліді), кнопка  для повернення при необхідності до попереднього. Після введення всіх значень лівою клавішею миші необхідно клацнути на кнопку , після чого програма автоматично переходить до головного інтерфейсу для подальшої роботи. Значення, введені в цьому блоці автоматично зберігаються до кінця роботи з програмою.

Діалогове вікно «Задання значень тест-відгуків» показано на рис. 5.

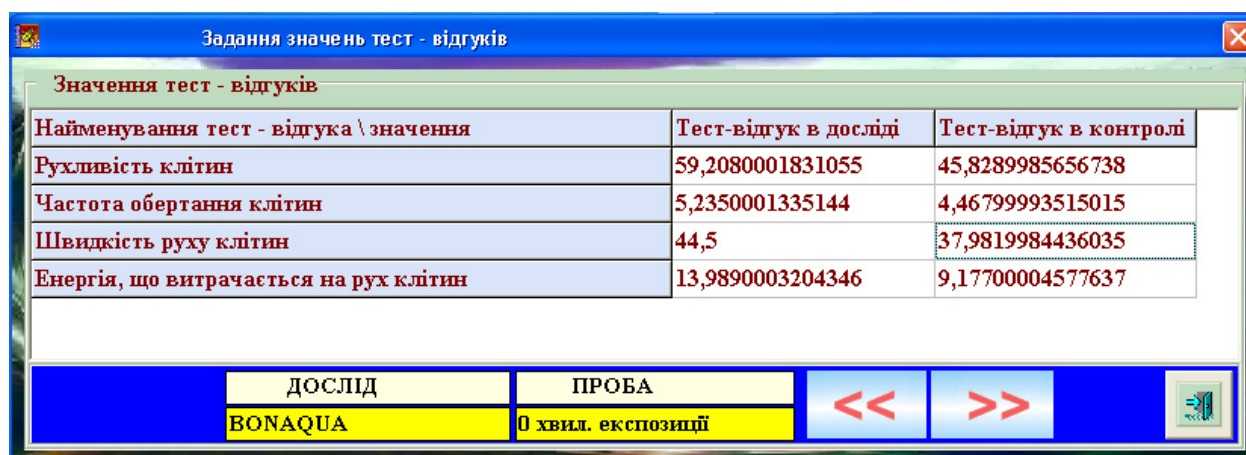






Рис. 5. Діалогове вікно «Задання значень тест-відгуків»

Після внесення вихідних даних програма проводить обрахунок індексу токсичності і виводить дані у вигляді діаграм (рис. 8). В нижньому полі вікон з діаграмами у вигляді таблиці представлені розраховані програмою значення індексів токсичності та назви відповідних проб. Значення індексу токсичності в контролі завжди дорівнює одиниці, тому на діаграмах значення індексу токсичності в контролі позначено червоною лінією, що полегшує аналіз отриманих результатів.

У верхньому полі вікна кнопки  та  призначені для перегляду діаграм індексів токсичності відповідно наступного або попереднього досліді (проби, тест-відгуку).

По закінченні роботи з вікнами діаграм потрібно клацнути мишею на кнопку , і тоді вікно закриється і програма вийде у головний інтерфейс, або кнопку , тоді програма запитає про збереження інформації (рис. 6)

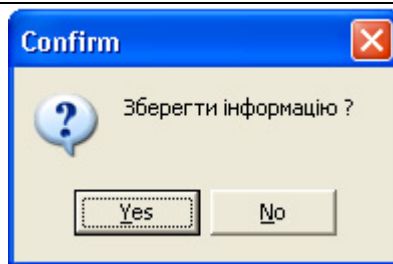
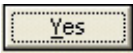


Рис. 6. Вікно збереження інформації

При клацанні лівою клавішею миші на кнопку , висвітлюється вікно для збереження діаграм (рис. 7).

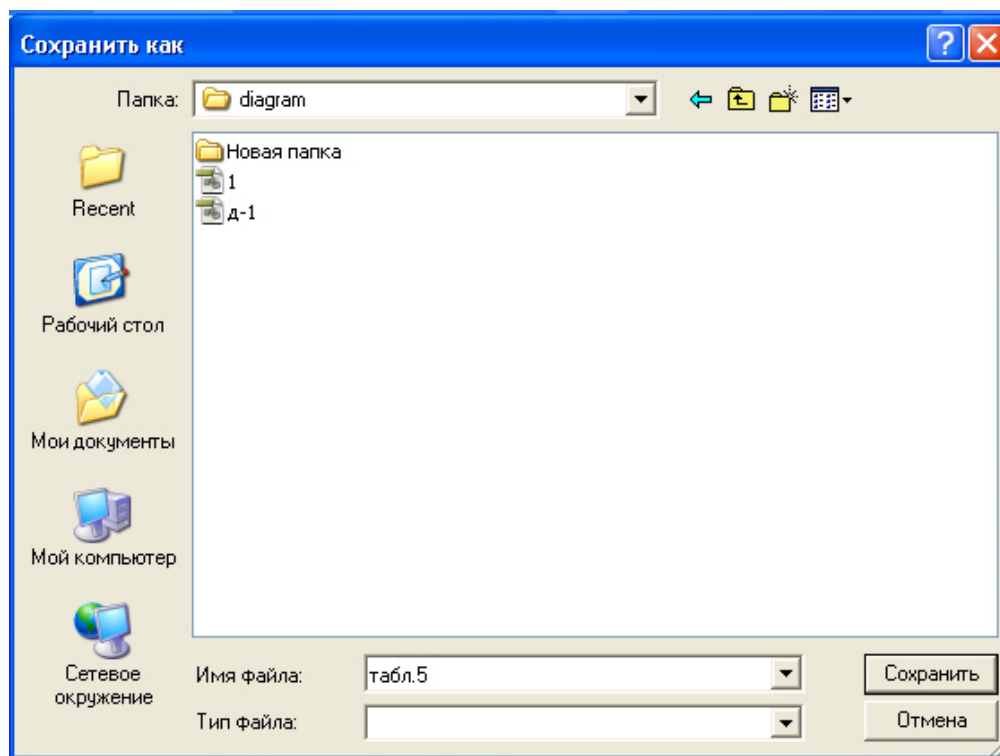


Рис. 7. Вікно збереження діаграм

У вікні «Діаграми індексів токсичності» ми отримуємо діаграми по серії проб кожного досліду, що представлено на рис. 8. Такі відомості дають можливість визначення впливу досліджуваної води залежно від проби (в даному прикладі – часу експозиції).

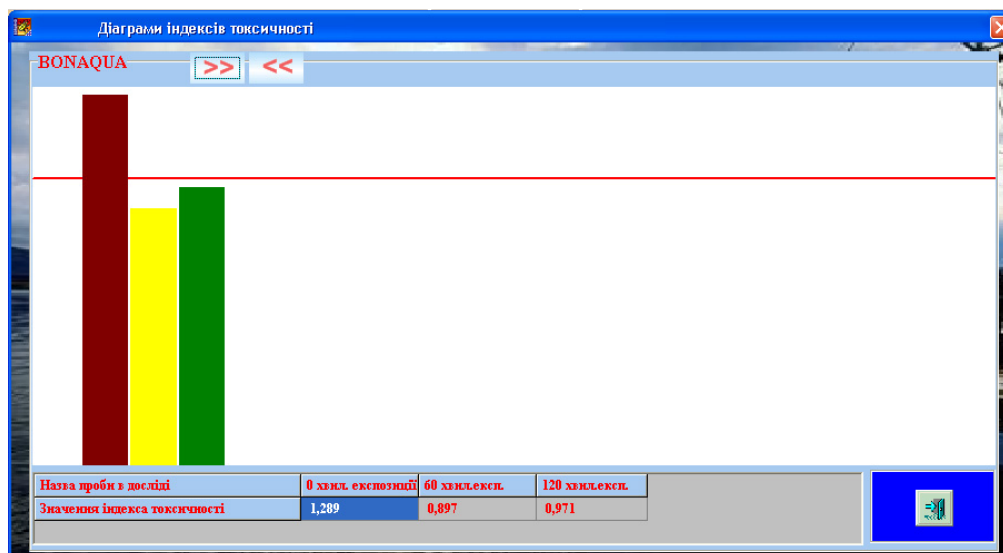


Рис. 8. Вікно «Діаграми індексів токсичності»



У вікні «Динаміка індексів токсичності» автоматично будується діаграма за відповідною пробю серії дослідів. Наприклад, на рис. 9 показано зміну індексу токсичності залежно від типу води (Вонаква, 925 – Срібна, водопровідна) за умови однакового часу експозиції (0 хвилин – біотестування проводилось одразу після приготування проби).

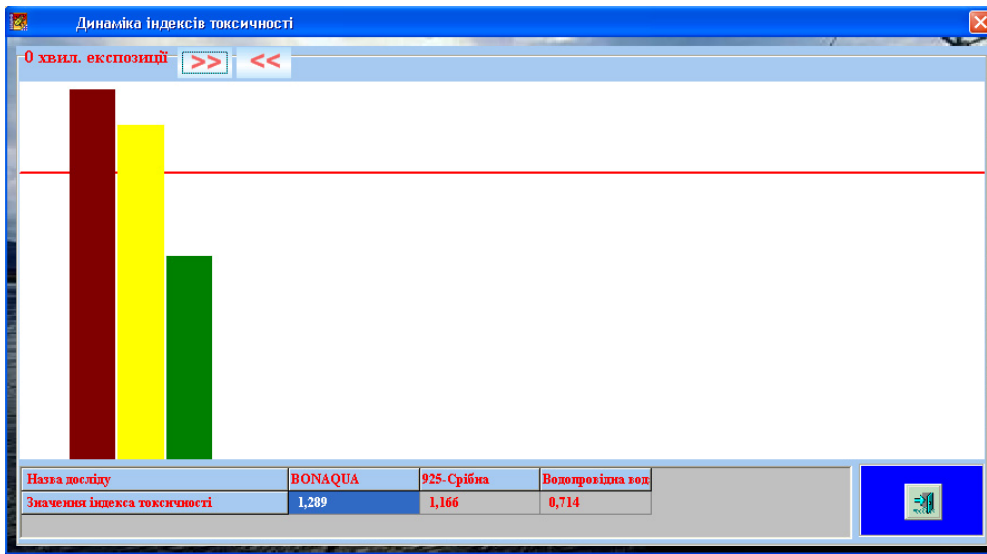


Рис. 9. Вікно «Динаміка індексів токсичності»

У вікні «Діаграми індексів токсичності по пробах» автоматично будується діаграма по кожній пробі ряду дослідів. Цей блок програми відображає значення індексів токсичності по всіх тест-відгуках по кожній пробі кожного дослідів. Такий аналіз є необхідним при визначенні найбільш чутливого тест-відгуку (на який тест-відгук чинить найбільший вплив досліджувана вода). Наприклад, на рис. 10 показано діаграму індексу токсичності по всіх тест-відгуках, що враховуються при біотестуванні, по кожній пробі (Вонаква, 0 хвилин) ряду дослідів.

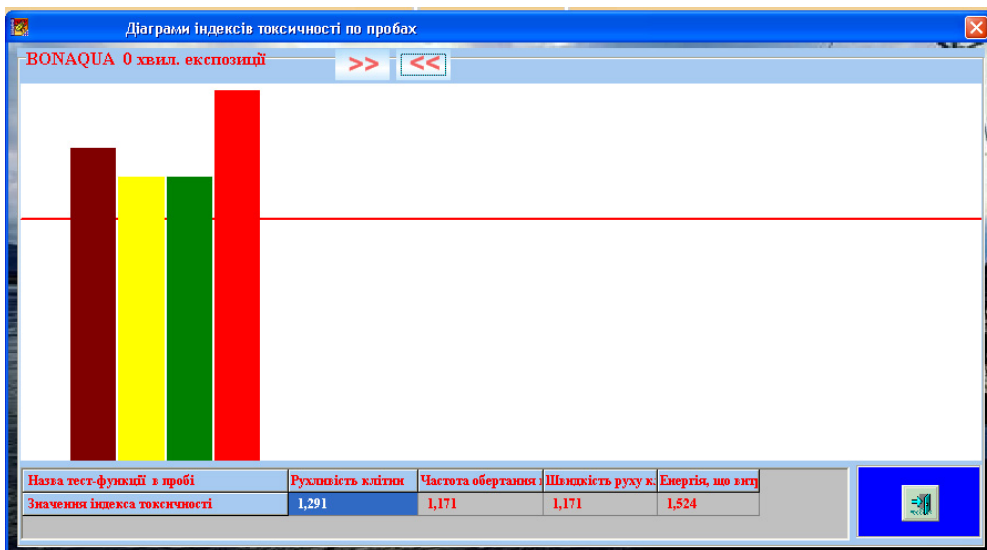



Рис. 10. Вікно «Діаграми індексів токсичності по пробах»  
(відображає значення індексів токсичності за кожним тест-відгуком у кожному досліді і пробі)

У вікні «Динаміка індексу токсичності по тест-функціях» автоматично будується діаграма по кожному тест-відгуку відповідних проб ряду дослідів. Цей блок програми відображає динаміку індексу токсичності по кожному тест-відгуку по кожній пробі ряду дослідів. За допомогою цього блоку програми можливо проаналізувати зміни кожного тест-відгуку залежно від досліджуваної води та часу експозиції. Такий аналіз є необхідним при визначенні найбільш токсичної води, що досліджується, (за однакових умов) по кожному тест-відгуку. Наприклад, на рис. 11 показано динаміку індексу токсичності за рухливістю клітин для досліджуваних вод (Вонаква, 925 – Срібна, водопровідна) за умови однакового часу експозиції (0 хвилин – біотестування проводилось одразу після приготування проби).

Після закінчення роботи з програмою необхідно клацнути лівою клавшею миші на кнопку , після чого з'являться спочатку вікно зображене на рис. 6, потім вікно «Збереження інформації».

представлене на рис. 12. Після заповнення поля «Имяфайла» та його збереження, програма закривається автоматично.

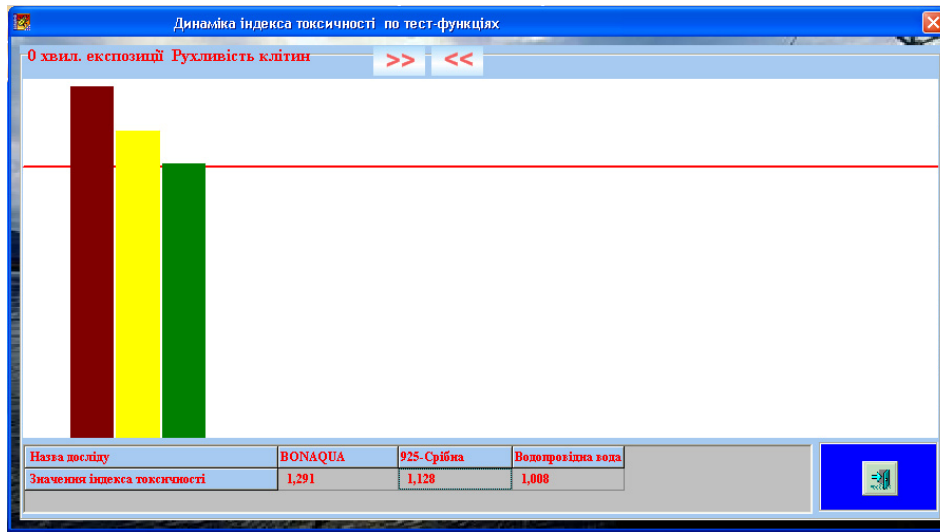


Рис. 11. Вікно «Динамика індексу токсичності по тест-функціях»

Всі вихідні та отримані дані зберігаються у спеціальних файлах («inf», «diagram» і т. ін.), що дає можливість повернутись до певного досліджу та проглянути результати (через вікно «Завантаження інформації з файлу», рис. 1).

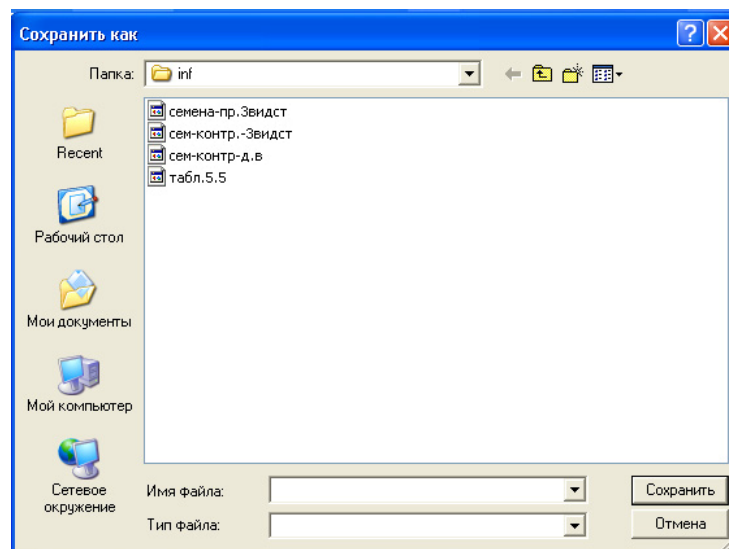


Рис. 12. Вікно «Збереження інформації»

## Висновки

Розроблено комп'ютерну програму обробки результатів біотестування. Така програма забезпечує зручну та швидку обробку дослідних даних і дає змогу отримати кількісні показники токсичності (індекс токсичності). Вказана програма може бути використана для будь-яких методів біотестування, результати яких передбачають кількісну оцінку тест-відгуку.

## Література

1. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... кандидата биологических наук: 03.00.16 / Александр Сергеевич Багдасарян. – С., 2005. – 160 с.
2. Кабиров Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест – системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Р. Кабиров, А. Р. Сагитова, Н. В. Суханова // Экология. – 1997. – № 6. – С. 408 – 411.
3. Єфремова О. О. Біотестування питної води у моніторингу стану екологічної безпеки: дис. ... кандидата технічних наук: 21.06.01 / Ольга Олексіївна Єфремова – К., 2009. – 187 с.

Надійшла 14.11.2010 р.