



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55842

(13) A

(51) 7 G01N33/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ДІАГНОСТИКИ ЯКОСТІ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

1

2

(21) 2002075553

(22) 05 07 2002

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Архипчук Віктор Володимирович, Гончарук  
Владислав Володимирович(73) ІНСТИТУТ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЇ ВОДИ  
ІМ. А.В. ДУМАНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ(57) 1 Спосіб діагностики якості водного  
середовища, що включає введення у середовище  
тест-організмів і визначення токсичності  
середовища, який відрізняється тим, що  
використовують одночасно тест-організми трьох  
різних систематичних груп, витримують тест-  
організми у середовищі протягом 1-5 діб, беруть  
клітини організмів і здійснюють цитогенетичнийаналіз за якісними характеристиками ядерця,  
мікроядер та подвійних ядер, і на підставі аналізу  
сублетальних і летальних ефектів тест-організмів і  
цитогенетичних ефектів клітин тих самих тест-  
організмів отримують комплексну оцінку  
токсичності, генотоксичності та цитотоксичності  
водного середовища2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що як  
тест-організми використовують тест-організми,  
вибрані із групи рослин, групи безхребетних і  
групи хребетних тварин3 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що як  
цитогенетичні функціональні показники клітин  
тест-організмів використовують кількісні  
характеристики ядерця, а як структурні показники  
- частоту клітин із мікроядрами та подвійними  
ядрами

Винахід відноситься до області екології  
навколишнього середовища, зокрема, до методів  
біотестування водних середовищ і може бути  
використаний для визначення різних типів  
токсичності водних зразків на рівні організму та  
клітини

Метод біотестування оснований на оцінці  
впливу фактора середовища на організм, його  
окрему функцію або систему організмів [Филенко  
О.Ф. // Водные ресурсы - 1986 - №3 - с.130-134]  
[1] Тепер оцінка якості водного середовища  
(наприклад, питної води, природних і стічних вод)  
із використанням біотестів, як на рівні організмів,  
так і на клітинному рівні, набули особливої  
актуальності, так як методи біотестування  
об'єктивно та комплексно оцінюють вплив  
багатьох речовин на організм, його життєві  
процеси

Відомий спосіб діагностики (біотестування)  
природних вод із використанням набору тваринних  
і рослинних біотестів, який складається із тест-  
організмів трьох трофічних рівнів [Forget G.,  
Cagnon P., Sanchez W.A., Dutka B.J. 2000 Overview  
of methods and results of the eight country  
International Development Research Centre (IDRC)  
Water Tox project. Environ Toxicol 15:264-276] [2]

Спосіб полягає в окремому використанні  
різних тест-організмів. Як тест-організми  
використовують такі тест-організми

- звичайну цибулю *Allium* *sepa*, представника  
однодольних рослин. Цибулини пророщують  
(звичайно протягом 72 год) на контрольних та  
дослідних зразках, тоді порівнюють середню  
довжину корінців. Ріст корінців уповільнюється в  
результаті дії токсичних речовин,

- тест стосовно розвитку насіння рослин, сала  
г. посівний *Lactuca* *sativa* представник дводольних  
рослин. По 25 насінин для кожної проби  
культивують на зволожених досліджуваною водою  
фільтрах протягом 5 діб із наступним  
вимірюванням довжини корінців у контрольних і  
дослідних зразках

- тест із гідрою *Hydra* *attenuata*, представник  
безхребетних тварин. Оцінюють морфологічні  
зміни (сублетальні ефекти) в тілі прісноводної,  
гідри, а також її виживання (летальні ефекти)  
внаслідок впливу токсичних речовин,

- тест із нематодою *Panagrellus* *redivivus*,  
представник безхребетних тварин. При  
культивуванні в дослідних зразках протягом 96 год  
оцінювали здатність нематод до повноцінного  
розвитку, їх виживання,

(13) A

(11) 55842

(19) UA

- тест із дафнією *Daphnia magna*, представник безхребетних тварин. Реєструють виживання дафній через 48 годин в дослідних зразках,

- флукуаційний тест із бактерією *Salmonella*, представник мікроорганізмів. Інкують 5 діб при 35-37°C на ростовому середовищі, який містить дослідні зразки, та фіксують розвиток мутантних клітин

Відомі способи оцінки (діагностики) якості водних зразків із використанням клітинних біомаркерів - мікроядерного тесту для визначення генотоксичності [Ильинских Н.Н., Новицкий В.И., Варгунова Н.И., Ильинских И.Н. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность - Томск: Изд-во Томск. Ун-та, 1991 - 272с.] [3] та ядерцевого біомаркера для визначення цитотоксичності [Архипчук В.В. Цитология и генетика - 1995 - 29 - с.6-12] [4]

Мікроядерний тест [3] об'єктивно характеризує частоту хромосомних порушень у ході мітотичного процесу (розриви хромосом, відставання окремих хромосом при поділі клітин), тобто мікроядерний тест фіксує структурні порушення геному клітини. Головний показник тесту - частота виникнення клітин із мікроядрами (мЯ). Іншим показником слугує частота виникнення клітин із подвійними ядрами (2Я), що вказує на порушення утворення дочірніх клітин із материнської

Ядерцевий біомаркер [4] оснований на дослідженні ядерцевої активності клітин і характеризує функціональну зміну геномної активності, ядерця являють собою комплекс функціонуючих рибосомних генів та їх продуктів, що зумовлює їх високу сприйнятливості до зовнішніх дій. Найбільш інформативними показниками, які застосовуються для оцінки впливу різних факторів на геном клітин рослин і тварин, є розмір одиночних ядерців і відсоток гетероморфних парних ядерців (ГПЯ) - для клітин із малою кількістю ядерців, і число ядерців - для багатоядерцевих клітин. Найбільш близьким аналогом до винаходу за технічною суттю і досягнутим ефектом є спосіб діагностики якості водного середовища [2]

Суть способу полягає у наступному. Для оцінки якості водних зразків використовували величину токсичного ефекта, отриманого через дію речовин органічної та неорганічної природи на тест-організми, набір котрих представлений в описі способу [2]. Досліджували вплив токсичності на кожен тест-організм зокрема. Запевно від виду тест-організму час витримування у водному середовищі склав 2-5 діб. Після експозиції у водному зразку визначали токсичний ефект за кількістю організмів, які вижили (дафнія, нематода, підра) і за інгібуванням росту корінців рослин (цибуля, сапат).

Токсичний ефект вважається дійсним при статистично достовірній різниці із контролем [Лакін Г.Ф. Биометрия - Москва: Изд-во "Высшая школа", 1968 - 285с.] [5]

Для кількісного визначення токсичного ефекту, при використанні відомого набору тест-організмів (за виключенням мікроорганізмів), нами були здійснені дослідні, аналогічні дослідам у способі [2]. У якості токсичних речовин було використано

ряд речовин органічної природи (пентахлорфенол, ліндан, ДДТ, анілін, нпроквінолін, метолахлор) та неорганічної природи (іони міді, ртуті, миш'яку і кадмію). Як контрольний зразок використовували воду, яка відповідала ГОСТ 2874-82 "Вода пит'єва". На цій же воді готували водні зразки, котрі містили вказані речовини в концентраціях, початкові величини яких представлені у таблиці 1 (колонка 2), де також відображений і отриманий токсичний ефект (колонки 3 і 4). Відхилення від контролю визначених показників токсичності до 5% позначене *+/*, при цьому вважається, що ефект практично відерний, відхилення на 5-15% позначене *+/+*, на 15-40% - *+/++* і більше 40% - *+/+++*. Тваринні біотести об'єднані в одну групу, а рослинні - в іншу, оскільки тварини та рослини проявили специфічні ефекти в реагуванні на органічні та неорганічні речовини.

Як слідує із представлених даних, найбільш токсичними були іони міді, ДДТ, іони ртуті, пентахлорфенол, а найменш токсичними - іони миш'яку, ліндан, метолахлор, анілін.

Як недолік відомого способу [2] можна відмітити, що реалізація способу не дає повного токсикологічного аналізу, тобто не оцінює різні типи токсичності, а тільки гостру токсичність і, як наслідок, не забезпечує об'єктивну діагностику якості водного середовища.

Нами була досліджена ефективність використання клітинних біомаркерів для біотестування якості водних зразків, котрі містять згадані токсичні речовини. Для цього у кожного тест-організму в процесі витримування у водних зразках брали проби на цитотоксичність (ядерцевий біомаркер), а після витримування у кожного тест-організму були взяті проби для визначення генотоксичності (мікроядерний тест), відповідно зі способами [4 і 3, відповідно]. Отримані дані по гено- і цитотоксичності досліджених органічних і неорганічних речовин представлені також у таблиці 1 (колонки 5-6 і 7-12, відповідно).

Як слідує із представлених даних, найбільш генотоксичними виявились ліндан (>40%) і метолахлор (30-40%), так як вони суттєво впливали на частоту клітин із мЯ та 2Я у рослин. Також ці речовини були цитотоксичними, оскільки змінювали, наприклад, число і розмір ядерців у клітинах рослин (30-40%).

Речовини, такі як пентахлорфенол і неорганічна ртуть, котрі виявляють гостру токсичність на рівні організму, практично не змінювали частоту клітин рослин із мЯ і 2Я, а також відсоток ГПЯ і число ядерців у клітинах рослин і підра, тобто не проявляли гено- та цитотоксичності (ефект практично відсутній).

Співставляючий аналіз результатів, отриманих на рівні організму [за способом 2] і на клітинному рівні [за способами 3,4] показує, що є розходження у показниках токсичності, з одного боку, та гено- і цитотоксичності, - з другого. Наприклад, ліндан за проявленого ефектом є найбільш слабо токсичним і в той же час він є найбільш сильно генотоксичним серед досліджених речовин.

Таким чином, із рівня техніки в області

визначення якості водного середовища з використанням біотестів слідуює, що відомі способи діагностики (оцінки) на рівні організму чи клітинному рівні, кожний зокрема, не дозволяє комплексно вирішити задачу діагностики якості води, так як дані способи не забезпечують отримання об'єктивних достовірних показників різних видів токсичності водних зразків, оскільки токсичні на рівні організму речовини можуть бути безпечними на клітинному рівні, а не токсичні на рівні організму речовини можуть серйозно пошкодити клітини організму

В основу винаходу поставлена задача, розробити комплексний спосіб діагностики якості водного середовища за допомогою біотестування, у котрому використання водночас набору високочутливих з різною специфічністю тест-організмів, який складається із представників рослин, безхребетних і хребетних тварин, а також клітинних біомаркерів, визначаючих структурні та функціональні зміни клітин цих же тест-організмів, Дозволило б суттєво покращити діагностику якості водних зразків за рахунок досягнень всесторонньої та об'єктивної оцінки токсичності цито-і генотоксичності

Для вирішення поставленої задачі запропонований спосіб діагностики якості водного середовища, який включає введення у середовище тест-організмів і визначення токсичності середовища, в котрому, згідно винаходу, використовують одночасно тест-організми трьох різних систематичних груп, витримують тест-організми протягом 1-5 діб у водному середовищі беруть клітини організмів і здійснюють цитогенетичний аналіз за кількісними характеристиками ядерця, мікроядер і подвійних ядер, та на підставі аналізу сублетальних і летальних ефектів тест-організмів і цитогенетичних ефектів клітин тих же організмів отримують комплексну оцінку токсичності, цито- і генотоксичності водного середовища Як тест-організми використовують організми, вибрані із групи рослин, групи безхребетних та групи хребетних тварин При цьому як цитогенетичні функціональні показники клітин тест-організмів використовують кількісні характеристики ядерця, а як структурні показники - частоту клітин із мікроядрами та подвійними ядрами

Запропонований спосіб діагностики якості водного середовища оснований на комплексному підході, тобто на застосуванні набору тест-організмів із визначеними властивостями для проведення досліджень як на рівні організму, так і на клітинному рівнях Визначення токсичності водних зразків за допомогою запропонованого оптимального набору тест-організмів, який включає представників рослин, безхребетних і хребетних тварин, та із врахуванням ефектів клітинного рівня (цитотоксичність і генотоксичність) дозволяють отримати всесторонню об'єктивну оцінку різних видів токсичності водних зразків

Досягається високий результат діагностики за рахунок поєднання у тест-організмах слідуючих властивостей

- вибрані тест-організми є високочутливими та

мають різну специфічність, тобто, диференційовану реакцію на речовини різної природи,

- вибрані тест-організми мають еукаріотичне ядро, що забезпечує повноцінне вивчення ядерних структур клітин В організмах із прокаріотичним ядром, наприклад, у мікроорганізмах, вивчення цитогенетичних змін за мікроядерним тестом і ядерцевим біомаркером неможливе,

- у набір тест-організмів не включені організми, цитогенетичні дослідження котрих представляють значні технічні труднощі, наприклад, дафнії, нематоди, що негативно відображається на достовірності та надійності отриманих результатів

Таким чином, сукупність суттєвих признаков запропонованого способу діагностики якості водного середовища, а саме визначення токсичних ефектів за допомогою тест-організмів у поєднанні із змінами клітинних параметрів, є необхідною і достатньою для досягнення забезпеченого винаходом технічного результату - значного покращання результатів біотестування якості водного середовища за рахунок отримання об'єктивної повної та достовірної оцінки різних видів токсичності загальної токсичності, цитотоксичності та генотоксичності водних зразків

Приклади реалізації за винаходом

#### Приклад 1

Як тест-організми використовували набір організмів, котрі складаються із риби - карась сріблястий *Carassius auratus gibelio* (представника хребетних тварин), із підри *Hydra attenuate* (представника безхребетних тварин) та звичайної цибулі *Allium sera* (представника рослин)

Об'єктом водного середовища була взята вода бутильована столового типу, позначена як "On1" Фізико-хімічні показники води (вміст кисню, рН, жорсткість) відповідали нормам для питної води

Відповідно до стандартної методики біотестування водних проб [Методи биоиндикации и биотестирования природных вод. Выпуск 2 // Под ред. В.А. Брызгалов, Т.А. Хорунжей - Л. Гидрометеоздат, 1989 - 276с] [5], зразки столової води, які підлягали аналізу, попередньо зберігали протягом 1-3 діб у холодильнику (при температурі 5-8°C)

Як контрольний зразок використовували артезіанську воду

Для кожного біотесту використовували ємності відповідно з нормами для біотестування

Цибулю звичайну розміщали зверху пробірок (7шт.), заповнених водним зразком, причому із водним зразком контактує тільки зона росту корінців

У планшкетку із 12 комітками поміщали 36 гідр, по 3 підри у комітку, а у 5 акваріумів (3л) розміщали по два карасі

Для визначення загальної токсичності водного зразка цибулю витримували 3 доби, гідру - 2 доби і рибу - 4 доби

У перші 3 години витримування вказаних тест-організмів фіксували клітини цибулі, підри та риби - на цитотоксичність (ядерцевий біомаркер), а після витримування у кожного тест-організму були взяті зразки для визначення генотоксичності (мікроядерний тест)

Дані по загальній токсичності та цитотоксичності наведені у таблицях 2, 3. Загальну токсичність водного зразка визначали наступним чином:

- Біотест із цибулею. Сенса тесту полягає у гальмування росту коріння у випадку впливу токсичних речовин. Ступінь токсичності визначали вимірюванням довжини корінців 7-ми цибулин / на зразок та порівнювали середню довжину корінців у контрольному та дослідному зразках. Середня довжина корінців у пробі води "On1" не відрізнялась від контрольних.

- Біотест із підруч. Проби води "On1" не виявила будь-якого впливу на життєздатність підр, протягом двох діб спостережень всі тварини зберігали нормальну морфологію тіла, їх виживання склало 100%.

- Біотест із рибою (карась сріблястий). Водний зразок "On1" не вплинув на життєздатність риби після 96 годин інкубації, 10 риб у водному зразку залишалися живими, тобто виживання склало 100%.

Отримані токсичні ефекти, зафіксовані у тварин і рослинних біотестів у результаті дії водного зразка "On1", представлені у табл. 2. На клітинному рівні були отримані найбільш важливі цитологічні та генетичні показники:

1 - ядерцевий біомаркер (цитотоксичність),

Аналізували повтрянно-сухі цитологічні препарати тваринних клітин і чаплени цитологічні препарати рослинних клітин, забарвлених 50% розчином азотнокислого срібла. Під світловим мікроскопом (окуляр 10<sup>x</sup>, об'єктив 100<sup>x</sup>, загальне збільшення 1000<sup>x</sup>) визначали такі показники: число ядерця у клітині (пЯ), розмір одиночного ядерця (ВІЯ), а також відсоток гетероморфних парних ядерця (ГПЯ). Для кожної проби підраховують число ядерця у 1500-1800 клітинах і визначають їх розмір у 200 клітинах при максимальному збільшенні світлового мікроскопу. Показники ядерцевого біомаркера для контролю та кожної проби фіксували через 30, 90 і 180хв після початку дії аналізованого водного зразка "On1". Середні значення ГПЯ, пЯ та ВІЯ, отримані із клітинного матеріалу цибулі, підри та карася сріблястого представлені у табл. 3.

2 - мікроядерний тест (генотоксичність)

Мікроядерний тест фіксує структурні порушення геному клітини. Частоту структурних порушень визначали із розрахунку на 1000 досліджених клітин, тобто у проміллі. Показниками генотоксичності слугували частота виникнення клітин із мікроядрами (мЯ) і частота клітин із подвійними ядрами (2Я), котрі визначали у 3-4 тисячах клітин у пробі із наступним її перерахунком на 1000 клітин, тобто величина індексу виражалась у проміллі.

Отримані результати за генотоксичністю водного зразка "On1" показали, що частота виникнення клітин із мікроядрами (мЯ) і частота клітин із подвійними ядрами (2Я) залишались на контрольному нульовому рівні, тобто вода не генотоксична.

Як слідує із даних, представлених у табл. 2 водний зразок "On1" був нетоксичним для хребетних і безхребетних тварин (виживання підри

та риби склало 100%), а також для рослин (цибуля) - ріст корінців відмічений у всіх досліджених цибулинах та їх середня довжина не відрізнялась від контрольних величин.

На клітинному рівні водний зразок "On1" не виявив генотоксичність, але проявив цитотоксичність для рослинних клітин (зміна показників ГПЯ, пЯ та ВІЯ) для клітин безхребетних (зміна показників ГПЯ, ВІЯ), а також для клітин хребетних, (зміна показника ВІЯ), так як відхилення вказаних показників від контрольних величин склало 5% і більше (див. табл. 3).

Приклад 2

Об'єктом водного середовища була взята вода бутильована, столового типу, позначена як "On2". Фізико-хімічні показники води "On2" знаходились на рівні показників води "On1".

Якість водного зразка "On2" визначали аналогічно технології, описаній у прикладі 1, та оцінювали за отриманими показниками загальної токсичності, гено- і цитотоксичності. Результати представлені у таблицях 2, 3. Дані таблиці 2 показують, що водний зразок "On2", не токсичний, про що свідчать результати біотестування на одному рослинному (цибуля звичайна) та двох тваринних (підри і карась сріблястий) організмах - середня довжина корінців у всіх досліджених цибулин не змінювалась по відношенню до контрольних величин, виживання підри і карася склало 100%.

Водний зразок "On2" не був генотоксичним, так як частота виникнення клітин із мікроядрами (мЯ) і частота виникнення клітин із подвійними ядрами (2Я) не перевищувала контрольного рівня (одна клітина із мЯ та одна клітина із 2Я - на 1000 клітин).

При цьому, вода "On2" проявила цитотоксичні властивості: вона змінювала такі показники як ГПЯ, пЯ та ВІЯ у клітинах цибулі, і ВІЯ у клітинах підри та карася сріблястого, і відхилення вказаних показників від контрольних величин складало від 5,5% до 31,2% (див. таблицю 3).

Приклад 3

Об'єктом водного середовища слугувала вода бутильована, столового типу, позначена як "On3". Фізико-хімічні показники води "On3" відповідали показникам води "On1".

Якість водного зразка "On3" оцінювали за показниками загальної токсичності, гено- і цитотоксичності, отриманими по технології у прикладі 1. Дані представлені у таблицях 2, 3.

Із даних таблиці 2 слідує, що водний зразок "On3" має чітко виражену токсичність як для рослинного, так і для тваринного біотестів, що підтверджується наступними результатами. Із семи цибулин проросло лиш чотири і середня довжина корінців пророслих цибулин складала всього 49% відносно до контрольних величин.

Вода "On3" виявилась токсичною для підри вже у першу добу дії у всіх осіб зафіксовані сублетальні ефекти, а через дві доби 55% осіб загинули. Для сріблястого карася вода "On3" виявилась менш токсичною: із 10 досліджених осіб протягом 96 годин загинуло 2 особи.

На клітинному рівні вода "On3" не проявила генотоксичність, оскільки частота виникнення

клтин із м'я і частота виникнення клтин із 2Я знаходилась на рівні контрольних величин одна клтина із м'я на 1000 клтин і одна клтина із 2Я на 1000 клтин

Слід відмітити, що вода "Он3" проявила цитотоксичність для всіх біотестів за такими показниками ГПЯ у клітинах цибулі, VІЯ в клітинах гідри і карася сріблястого (відхилення вказаних показників від контрольного рівня складало 12,5÷23,8%) (Таблиця 3)

На основі отриманих результатів аналізу якості трьох різних зразків питних (столових) вод ("Он1", "Он2" та "Он3") отримана комплексна оцінка їх якості за токсичністю, цито- і генотоксичністю

Зразки води "Он1" і "Он2" не проявили загальну токсичність як для рослинних, так і для тваринних біотестів, на відміну від котрих зразок води, "Он3" має чітко виражену токсичність для всіх біотестів. Всі три зразки води не генотоксичні, але проявляють цитотоксичність для клтин цибулі, гідри і сріблястого карася (для кожного біотесту у різній мірі)

Таким чином отримані результати показують ефективність і високу інформативність комплексного підходу в біотестуванні, який заявляється

Переваги запропонованого способу

діагностики (оцінки) якості водного середовища полягають у наступному

Запропонований спосіб діагностики якості водного середовища, оснований на комплексному підході, котрий об'єднує аналіз токсичності на рівні організмів із аналізом гено- і цитотоксичності на клітинному рівні, забезпечує об'єктивну всесторонню оцінку різних видів токсичності водних зразків, що не досягається жодним із відомих способів

Достоїнством запропонованого способу є також можливість комплексної оцінки різних токсичних ефектів водних зразків, починаючи із порогових концентрацій токсичних речовин, присутніх, наприклад, у столових водах, а також виявляючи їх більш високі концентрації наприклад, у природних поверхневих водах

Таким чином, біотестування (комплексне використання оптимальних наборів як тест-організмів, так і клітинних параметрів) об'єктивно характеризує біологічну складову якості води. А за біологічними критеріями можливе визначення оптимального (найбільш підходящого для функціонування людського організму та його клтин) складу води, наприклад, сольового, для даного регіону, популяції та ін

Таблиця 1

Речовина	Початкова концентрація, мг/дм <sup>3</sup>	Токсичність		Генотоксичність		Цитотоксичність					
		Тварин біотест	Рослин біотест	рослини біотести		Росл. тест *	Гідра	Росл. тест	Гідра	Росл. тест	Гідра
				м'я	2Я	п'я	п'я	VІЯ	VІЯ	ГПЯ	ГПЯ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Пентахлор фенол	0,8	+++	+++	+	+	+	+	++	++	+	+
Hg <sup>2+</sup>	2,0	++++	++	+	+	+	+	++	++	+	+
Cu <sup>2+</sup>	4,0	++++	++	+	+	+	+	++	не визн	++	++
4-нітрокво налін- N-оксид	1,2	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
pp* ДДТ	0,4	++++	+++	++	++	++	+	++	+	++	+
Cd <sup>2+</sup>	5,0	++	++	не визн	не визн	++	не визн	++	не визн	++	не визн
As <sup>5+</sup>	20,0 *	+	+	+	+	++	+	++	+	++	++
Ліндан	20,0	+	+	++++	++++	+++	4-4-	+++	++	++	++
Метолахлор	20,0	+	+	+++	+++	+++	4-4-	+++	не визн	++	++
Анілін	4,0	+	+	++	не визн	++	не визн	+	не визн	+	не визн

Таблиця 2

Зразки води	Токсичні ефекти					
	Цибуля звичайна		Гідра		Карась сріблястий	
	Довжина корінців, %	Відхилення від контролю, %	Вживання, %	Відхилення від контролю, %	Вживання, %	Відхилення від контролю, %
КН	100	-	100	-	100	-
Он1	100	0	100	0	100	0
Он2	100	0	100	0	100	0
Он3	49*	51	45	55	80	20

\*довжина корінців у 4 цибулин, які проросли із 7 вихідних

Таблиця 3

Зразки води	Цитотоксичність																	
	Цибуля звичайна						Гідра						Карась срібний					
	гПЯ	Відхилення від контролю %	пЯ	Відхи лення від контролю %	ВІЯ	Відхи лення від контролю %	гПЯ	Відхилення від контролю %	пЯ	Відхилення від контролю %	ВІЯ	Відхилення від контролю %	гПЯ	Відхилення від контролю %	пЯ	Відхи лення від контролю %	ВІЯ	Відхилення від контролю %
КН	77.7		2.06		102.0		77.2		1.20		52.8		80.7		1.92		3.7	
Оп1	89.2	11.0	1.87	9.2	95.9	6.0	72.5	6.0	1.15	4.2	63.9	21.0	76.8	4.9	1.88	2.0	3.5	6.5
Оп2	67.2	13.5	1.77	14.1	96.4	5.5	78.2	1.4	1.17	2.5	69.3	31.2	78.7	2.5	1.83	4.5	3.0	17.9
Оп3	68.0	12.5	1.86	4.9	98.5	3.4	73.6	4.7	1.20	0	61.3	16.1	78.0	3.3	1.69	12.2	2.8	23.8