

## УДК 504.054

**Бедункова О. О., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **АНАЛІЗ ЕКОТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ПОБУТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ**

За допомогою методів біотестування оцінено реакцію організмів різних систематичних груп на присутність відпрацьованих батарейок. З'ясовано, що хронічну токсичність ґрунту і води можуть спричинювати батарейки типів D і AA. Гостру токсичність води спричинювали ті ж типи, а також тип AAA.

**Ключові слова:** використані побутові батарейки, тест-реакція, хронічна токсичність.

**Вступ.** Закон України "Про відходи" прямо не називає побутові елементи живлення небезпечними відходами [1]. Окремо слід зазначити, що відпрацьовані побутові хімічні елементи живлення (батарейки), які належним чином зібрані і зберігаються, не є відходами за визначенням.

Закон України "Про хімічні джерела струму" стосується усіх хімічних джерел струму [2]. При цьому, згідно із статтею 3 "Дія законів України "Про металобрухт" та "Про відходи" не поширюється на відносини, що виникають у сфері хімічних джерел струму. В Законі розгорнуто описано поводження з джерелами струму ємністю від 7 Ампер/годин і вище. В основному це автомобільні акумулятори і подібні пристрої. Побутові батарейки, акумулятори до телефонів, портативних комп'ютерних пристроїв та дрібної побутової апаратури (плеєрів, фото-, відеокамер тощо) до цієї категорії не належать і відповідно поводження з таким матеріалом не регламентується положеннями Закону, що стосуються хімічних джерел струму ємністю менше 7 А/год.

Отже, відпрацьовані батарейки не позначені як потенційно небезпечні відходи. Натомість, у нормативних положеннях цей матеріал є в статусі відпрацьованих предметів вжитку або вторинної сировини.

У складі твердих побутових відходів (ТПВ), з кожним роком, збільшується кількість малих побутових хімічних джерел струму [3, 4]. Їх утилізація на звалищах, як правило, необладнаних належним чином, призводить до того, що на різних стадіях розкладу ТПВ, вони дають витік шкідливих речовин (луги, свинець, кадмій, ртуть, цинк і нікель) [5]. За деякими даними, в загальній масі ТПВ внесок відпрацьованих

побутових батарейок (ВПБ) становить по кадмію 52%, по ртуті 88% [6]. При цьому, в жодному з нормативних положень, ВПБ прямо не позначені як потенційно небезпечні відходи.

Період розкриття ВПБ в умовах полігону оцінюється в 6-7 тижнів. У першу чергу, під впливом корозійних фільтраційних вод, руйнації піддаються зовнішні елементи, потім складові електродів, що представляють основну небезпеку для навколишнього середовища [5]. Далі вміст ВПБ надходить в ґрунт і підземні води, не піддається біохімічному розкладу і провокує загальний екотоксикологічний ефект.

Наведені факти, а також відсутність належної системи рециклінгу роблять актуальною експериментальну оцінку впливу відпрацьованих хімічних джерел струму на навколишнє середовище.

**Аналіз останніх досліджень.** Поряд з методами аналітичної хімії, все більш стійкі позиції в прикладній екології займає застосування біологічних тест-систем. Їх використання виявляється доцільним і виправданим при нормуванні шкідливих впливів на навколишнє середовище, особливо у випадках некоректності застосування санітарно-гігієнічних нормативів для екосистем [7]. Біотичний підхід також ефективний і при вдосконаленні системи природоохоронних заходів, у тому числі і для виявлення екологічної токсичності відходів [8].

Процедури виявлення класу небезпеки відходів для навколишнього природного середовища, які ґрунтуються не тільки на кількісних розрахунках за хімічним складом їх компонентів, але і на експериментальній біологічній перевірці зразків, рекомендовані нормативними актами в ряді країн. Серед них слід відзначити «Критерії віднесення небезпечних відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища» в Росії [9]; «Інструкції для перевірки хімічних сполук» Міжнародної організації зі співробітництва та розвитку в Європі - OECD [10]; «Екотоксикологічні характеристики відходів: метод визначення критеріїв ризику» у Німеччині [11]; «Облік наземних показників для використання в екологічних оцінках небезпечних муніципальних відходів» [12], в США; «Біотестування в природоохоронній діяльності» в Україні [8].

Згадані документи рекомендують використовувати біологічні об'єкти при оцінках токсичності компонентів відходів, коли неможливо визначити якісний і кількісний склад аналізованих зразків або визначити клас їх небезпеки розрахунковим методом, а також при необхідності уточнити отриманий розрахунковим методом клас небезпеки відходів.

Показником токсичної дії служить ступінь зміни певних параметрів живих систем, яка фіксується різними методами. Це можуть бути біо-

хімічні або біофізичні методи, різні види мікроскопії, візуальний підрахунок. При цьому загальним правилом методик біотестування є обов'язковість аналізу не менше ніж на двох тест-об'єктах з різних біологічних таксонів або груп (ракоподібні та найпростіші, водорості і бактерії і т.п.). Якщо різні тест-системи показують неоднакову реакцію, то в остаточному результаті приймається найбільш чутлива відповідь [8, 11].

Використання як об'єктів біотестування акваріумних рибок *Poecilia reticulata* Peters – при вивченні емісії цинку і марганцю з ВПБ у нейтральне водне середовище дозволило авторам експерименту [6] визначити клас небезпеки ВПБ до стадії розгерметизації. Так, протягом перших двох тижнів виживаність риб (93-100 %) свідчила про 5 клас небезпеки всіх досліджуваних типів батарейок (AAA, AA, D, Крона, AG13). З четвертого по восьмий тиждень небезпека батарейки типу «Крона» змінилася і зберігалася на рівні 4 класу. На четвертому тижні батарейки типу D і на восьмому тижні типу AA, AAA підвищили клас небезпеки до 3-го. Найменш токсичним виявився ефект у батарейок типу AG13, змінивши клас небезпеки з 5 до 4 лише на восьмому тижні. За результатами експерименту був побудований наступний ряд зростання токсичності (3 клас небезпеки): AG13 < «Крона» < AA = AAA < D. Таким чином, експеримент показав, що токсичність ВПБ проявляється набагато раніше, ніж відбувається їх повна розгерметизація.

Наукові дослідження [5] показали, що в умовах захоронення ВПБ, важливим фактором для вилуговування металів, які вони містять, є значення рН фільтрату полігону, який знаходиться в діапазоні від 4 до 9. У ході експериментів даної роботи, було зафіксовано підвищення рівня рН розчину, під дією якого відбувається вилуговування. Так, наявність ВПБ у пробах фільтрату полігону підвищувала рівень рН з 7 до 9, а в пробах із слабкокислим розчином – з 4 до 9,5-11,5. При цьому, порівняння максимальних концентрацій металів у розчинах з гранично-допустимими значеннями для рибогосподарських водойм показало, що найбільші перевищення характерні для цинку і марганцю. Зокрема, знаходження розгерметизованих нікель-кадмієвих батарей в пробах фільтрату спричинювало перевищення ПДК<sub>р/г</sub> по кадмію в 1040 разів, по нікелю в 2560 разів; марганцево-цинкових ВПБ: по марганцю в 3400 разів, по цинку в 46400 разів. За твердженням автора, через присутність у фільтраті комплексоутворювачів, частина металів ВПБ в цих умовах зв'язується з іншими речовинами, що збільшує їх рухливість і сприяє забрудненню ними ґрунтів, підземних та поверхневих вод.

Порівняння результатів ростового тесту культур рослин (редис, ди-

ня, салат), які пророщувались на витяжці речовин з ВПБ, проводилось у двох варіантах експерименту [13]. У першому оцінювали вплив ВПБ у кількості 10 батарейок на 1 л води, у другому концентрації насиченого розчину зменшувались в пропорціях 1/3, 1/5, 1/10. Контролем була очищена вода. Стан рослин після закінчення експозиції свідчив про зниження фітотоксичності витяжки з 96,44 % у першому варіанті до 92,88% в пропорції 1/3; 87,33% в пропорції 1/5; і до 64,44% в пропорції 1/10. Таким чином, автори дослідження з'ясували, що присутність в 1 літрі води 1 відпрацьованої батарейки, обумовлює фітотоксичність розчину на рівні 64,44%. На жаль, в представленій роботі не було вказано, який саме тип ВПБ використовувався в експериментах. Подібні результати можуть розглядатись як узагальнені факти. Однак, вони повною мірою підтверджують високу небезпеку ВПБ під час їх захоплення на полігонах, а також ефективність методів бітестування при оцінках екоотоксичності батарейок на компоненти навколишнього середовища.

**Постановка завдання.** Метою наших досліджень було встановити характер токсичного впливу ВПБ на біологічні об'єкти різних таксономічних груп для з'ясування екологічної небезпеки найбільш популярних типів побутових хімічних джерел струму.

Завдання досліджень полягало у проведенні низки модельних дослідів методами біотестування та діагностиці хронічної та гострої токсичності ґрунтового та водного середовищ під впливом ВПБ у стадії розгерметизації.

**Методика досліджень.** В якості досліджуваних побутових хімічних джерел струму, використовували немарковані відпрацьовані батарейки типів: D (XL) – циліндр (велика); AA (M) – циліндр (середня); AAA (S) – циліндр (маленька). Відносно низька вартість таких батарейок обумовлює масовий характер їх використання в побуті, а відсутність інформації який саме елемент вони містять, ускладнює подальше поводження з ними, зокрема процес їх утилізації. Отже, небезпека для навколишнього середовища від немаркованих ВПБ є достатньо суттєвою.

Виходячи із завдань досліджень, було здійснено попередню розгерметизацію (розтин) корпусів ВПБ.

Хронічна токсична дія пошкоджених ВПБ, які можуть потрапити в ґрунт діагностувалась за допомогою тест-реакції на проростання цибулі звичайної (*Allium cepa*), яка широко застосовується при біомоніторингу навколишнього середовища, в досліді тривалістю 30 діб.

При проведенні модельних дослідів дотримувались принципу єдиної відмінності. Варіанти дослідів закладались в трьох ящиках однако-

вого об'єму (3 дм<sup>3</sup>), які заповнювались одним типом ґрунту. Попередньо в ящиках було розміщено по 1 ВПБ різних типів: варіант 1 – батарейки типу D, варіант 2 – батарейки типу AA, варіант 3 – батарейки типу AAA. В якості контролю був використаний той же об'єм ґрунту, який не містив ВПБ. У кожному з ящиків було висаджено по 3 цибулини *A. sera* однакового розміру. Полив здійснювали регулярно відстояною водопровідною водою, однаковим об'ємом для кожного з варіантів. Протягом експерименту температура в приміщенні становила 21–23 °С.

Тест-об'єктом для діагностики хронічної токсичності води, що містить пошкоджені ВПБ, служив макрофіт елодея канадська (*Eloдея canadensis*), який є досить чутливим до токсичних речовин, при цьому чутливими виявляються як морфо метричні, так і цитологічні показники даного тест-об'єкта [8, 14].

У хронічному досліді оцінювались морфометричні показники лабораторної культури *E. canadensis*: загальний приріст основного пагона і збільшення маси рослини; а також цитологічні показники: кількість живих клітин, клітин, які знаходяться в початкових стадіях некрозу і мертвих клітин (некроз) на 1000 клітин зони наростання пагона.

У ємностях з відстояною водопровідною водою, об'ємом 3 дм<sup>3</sup> було розміщено по 3 пагони однакової довжини. Тривалість експерименту склала 30 діб, протягом яких дотримувались принципу єдиної відмінності.

На основі отриманих даних, розраховували індекс пригнічення/стимуляції досліджуваних тест-реакцій у відсотковому вираженні відносно контролю (Т, %).

Критерієм хронічної токсичності вважається статистично значуще відхилення в досліді від контролю ( $t_d$ ) при довірчій ймовірності показників  $P \leq 0,05$  (за критерієм Стюдента). Для цього обчислюють фактичний критерій достовірності різниці ( $t_{факт}$ ) і порівнюють його з теоретичним ( $t_{теор}$ ). Значення  $t_{теор}$  – таблична величина, яка для трьохкратної повторності варіантів становить 2,78 [15]. Якщо  $t_{факт} \geq t_{теор}$ , то різниця між результатами біотестування в досліді і контролі визнається статистично достовірною. На цій підставі робиться висновок про те, що аналізоване середовище (ґрунт, вода) чинить хронічну токсичну дію на тест-об'єкт.

**Результати досліджень.** Результати проведених оцінок і розрахунків представлені в таблиці.

Таблиця

Облік і оцінка результатів біотестування хронічної токсичності ВПБ

Тест-реакція	Результати біотестування в варіантах експерименту								
	D			AA			AAA		
	I <sub>o</sub>	T, %	t <sub>факт</sub>	I <sub>o</sub>	T, %	t <sub>факт</sub>	I <sub>o</sub>	T, %	t <sub>факт</sub>
Приріст листків <i>A. sepa</i> , см	13±2	56,6	6,77	18±3,5	40	2,86	21±2,5	17,5	1,92
Приріст пагонів <i>E. canadensis</i> , см	4±1,2	31,58	4,35	1±0,07	23,68	3,33	1±0,03	18,42	2,13
Зміна ваги <i>E. canadensis</i> , г	0,5±0,05	27,5	3,94	0,5±0,1	25,0	4,25	0,1±0,1	15,0	2,72
Клітини, шт./1000 шт. <i>E. canadensis</i> :									
- живі	702±18	28,1	13,01	742±25	23,96	8,38	925±15	5,22	2,69
- початковий некроз	211±10	0,19	14,4	220±22	20,34	8,16	61±14	4,5	16,4
- некроз	86±8	8,41	10	37±6	3,5	5,7	12,7±2	1,04	6,5

Аналіз отриманих даних дозволяє помітити, що середній приріст листків *A. sepa*, щодо контролю, був меншим на 40% у варіанті з батарейками типу AA і на 56,6% у варіанті з ВПБ типу D. Батарейки типу AAA зменшили тест-реакцію на 17,5% відносно контролю. Різниця між результатами біотестування в досліді і контролі виявилась статистично достовірною ( $t_{факт} > t_{теор}$ ) у варіантах з ВПБ типу D і типу AA. Таким чином, є підстави стверджувати, що ґрунт, який містить відпрацьовані батарейки зазначених типів надає хронічну токсичну дію на рослини організму.

Облік змін морфометричних параметрів тест-об'єкта *E. canadensis* у варіанті з відпрацьованими батарейками типу AAA виявив середній приріст пагону на 1см, при незначній втраті середньої ваги – 0,1 г, що відносно контролю становило 17,5 і 18,42%, відповідно. У варіанті AA було відзначено зменшення середньої довжини пагона на 1 см, середня втрата ваги на 0,5 г, що відносно контролю, відповідно, становило 40 і 23,68%. У варіанті з батарейками типу D пагони в середньому втрати-

ли 4 см первісної довжини і 0,5 г ваги. Відносно контролю це склало 31,58 і 27,5%, відповідно. Розрахунки критерію достовірності зміни морфометричних параметрів свідчать про хронічну токсичну дію водного середовища, яке містить відпрацьовані розгерметизовано батарейки типів D і AA, а також про відсутність токсичної дії ВПБ типу AAA за 30 діб їх перебування у воді.

Цитологічні характеристики зони наростання пагонів *E. canadensis* дозволили діагностувати хронічну токсичність водного середовища, яке містить всі досліджувані типи ВПБ, що підтверджує перевищення фактичного критерію достовірності різниці варіантів експерименту над теоретичним.

Для оцінки гострої токсичності води, що містить різні типи ВПБ, як тест-реакції була використана смертність гідробіонтів фільтраторів – гіллястовусих ракоподібних *Daphnia magna* [16].

Дотримуючись принципу єдиної відмінності, в ємності, що містять 3 дм<sup>3</sup> води розміщували по 10 особин *D. magna*. Спостереження проводили протягом 4 діб, в наступних часових інтервалах: 1, 6, 24, 48 і 96 годин (рисунок).

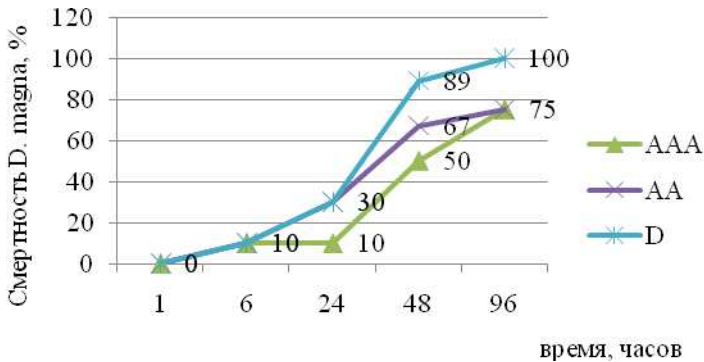


Рисунок. Смертність *D. magna*, у варіантах експерименту, відносно контролю

Аналіз результатів експерименту, представлених на рисунку дозволяє відзначити факт гострої токсичності водного середовища в усіх варіантах експерименту. Так, за 96 годин перебування тест-об'єкту у воді з ВПБ типу D, було відзначено 100% їх смертності; з батарейками типу AA і AAA 75%.

Зазначимо, що елементи, які містять батарейки характеризуються певними рівнями біологічного поглинання. Зокрема, цинк належить до

елементів сильного біологічного накопичення; ртуть, марганець і свинець до елементів середнього біологічного захвату; кадмій і літій до елементів слабкого та дуже слабкого біологічного захвату у окремих видів організмів [17]. Вочевидь, на отримані результати експерименту вплинув саме цей факт. У свою чергу, відсутність маркування ВПБ ускладнює підбір тест-організмів, за допомогою яких можливо отримати реальні характеристики екоотоксичності батарейок.

Окремо, необхідно звернути увагу на відсутність законодавчого поля, яке б регулювало весь процес поводження з побутовими батарейками: від виробництва або імпорту до організації збору, переробки та утилізації відпрацьованих батарейок. Адже, у складі побутових відходів, ВПБ являють собою одну з найнебезпечніших груп в їхньому складі.

Співставлення наших результатів та результатів подібних експериментів інших дослідників, дозволяє стверджувати про те, що клас небезпеки ВПБ суттєво змінюється після їх розгерметизації, яка відбувається в умовах захоронення батарейок на полігоні.

Аналіз рівнів екологічної токсичності немаркованих ТПВ, який представлено в даній статті, має стимулювати впровадження роздільного збирання відходів, зокрема спеціалізований збір відпрацьованих батарейок. По-перше, це сприятиме їх максимально можливій утилізації та отриманню цінної вторсировини. По-друге, запобігатиме їх шкідливому впливу на довкілля та здоров'я людей.

**Висновки.** В цілому, проведений експериментальний аналіз токсичності немаркованих ВПБ методами біотестування, дозволив отримати оцінку їх небезпеки для навколишнього середовища (у кількості 1 шт. на об'єм середовища 3 дм<sup>3</sup>).

Тест-реакції організмів різних таксономічних груп свідчили про хронічну токсичність ґрунту, гостру і хронічну токсичність води в присутності розгерметизованих батарейок типів D і AA. Для ВПБ типу AAA не встановлена хронічна токсичність ґрунту, при тому, що більшість тест-реакцій гідробіонтів виявили факт хронічної та гострої токсичності води.

Трактування результатів біотестування, як правило, досить складне завдання. Вочевидь, надати остаточне заключення про рівні токсичності ВПБ буде можливим при наявності більш розширеного списку тест-реакцій організмів.

Таким чином, результати експерименту можна вважати ще одним обґрунтуванням необхідності вдосконалення системи поводження з відпрацьованими джерелами струму і вирішення проблеми їх рециклінгу, що є основою для мінімізації впливу ВПБ на навколишнє середо-



вище.

- 1.** Закон України "Про відходи" // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1998. – № 36-37. – Ст. 242.
- 2.** Закон України "Про хімічні джерела струму" // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2006. – № 33.– Ст. 279.
- 3.** Управління та поводження з відходами : підручник / [Шаніна Т. П., Губанова О. Р., Клименко М. О., Сафранов Т. А., Коріневська В. Ю., Бедункова О. О., Волков А. І.]; за ред. проф. Т. А.Сафранова, проф. М. О. Клименка. – Одеса : Вид-во ОДЕУ, 2012. – 270 с.
- 4.** Захист від забруднення ландшафтів побутовими та промисловими відходами на основі використання природних сорбентів : монографія / [В. А. Сташук, З. Р. Маланчук, А. М. Рокочинський, М. О. Клименко, 2. П. Д. Колодич, Л. І. Каменчук, Р. В. Жомирук, С. Ю. Громаченко, О. О. Бедункова]; за ред. проф. В. А. Сташука, З. Р. Маланчука та проф. А. М. Рокочинського. – Херсон : Гринь Д.С., 2014. – 420 с.
- 5.** Горбунова В. В. Минимизация воздействия отработанных химических источников тока на окружающую среду: автореф. дисс. канд. техн. наук: спец. 03.02.08 "Экология" / В. В. Горбунова. – М., 2010. – 24 с.
- 6.** Амосова А. А. Экспериментальная оценка экологической опасности портативных батарей для гидробионтов и проблема утилизации [Текст] / А. А. Амосова, Н. Г. Гладышев, И. М. Ахсанов // Материалы докладов на XVIII Всероссийском конгрессе «Экология и здоровье человека», 8-10.10.2013. – С. 1725-1727.
- 7.** Гандзюра В. П. Продуктивність біосистем у токсичному середовищі. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук: спец. 03.00.16 "Екологія" / В. П. Гандзюра. – Чернівці, 2004. – 35 с.
- 8.** Біотестування у природоохоронній практиці: [збірник] / Технічний комітет з стандартизації ТК 82 "Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання ресурсів України". Видання офіційне. – Київ, 1997. – 240 с.
- 9.** Методическое пособие по применению «Критериев отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды» / [З. А. Васильченко, В. И. Ковалева, А. В. Ляшенко Н. Б. Нефедьева]; ответственный исполнитель Васильченко З. А. – Москва : Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2003. – 34 с.
- 10.** OECD's Guidelines for the testing of Chemicals [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/37622194.pdf> – Назва з екрану.
- 11.** Ecotoxicological characterization of waste – Method development for determining the „ecotoxicological (H14)“ risk criterion / Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg [Redaktion Dr. K. Deventer, Dr. J. Zipperle] Karlsruhe, Juni 2004. – 121 p. ISSN 0949-0477 (Bd. 2e, 2004)
- 12.** Evaluation of Terrestrial Indicators for Use in Ecological Assessments at Hazardous Waste Sites, EPA/600/R-92/13. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. – P. 121 [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/2000IC2H.PDF> – Назва з екрану.
- 13.** Бодня О. О. Оцінка впливу важких металів на стан довкілля та здоров'я людини [Електронний ресурс] / Бодня О. О. // Матеріали Обласної студентської науково-практичної конференції «ЕКОХІМ-2014» 4 березня 2014. – С. 10-11. – Режим доступу: <http://dpc.edu.ua/wp-content/uploads/-2014.pdf>.
- 14.** Временное ме-

тодическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти) / Ответственный исполнитель: к.б.н. Л.В. Михайлова. – Москва РЭФИА, НИА – ПРИРОДА, 2001. – 104 с. **15.** Ликеш И. Основные таблицы математической статистики / И. Ликеш, И. Ляга – М. : Финансы и статистика, 1985. – 356 с. **16.** ДСТУ 4173-2003 Качество воды. Определение острой летальной токсичности на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Clарaperera. Crustacea) [Текст] (ISO 6341:1996. MOD) – 22 с. **17.** Перельман А. И. Геохимия [Текст]: учеб пособие для геолог. спец. ун-тов./ Александр Ильич Перельман. – М. : Высш. Школа, 1979. – 423 с.

Рецензент: д.с.-г.н., профессор Клименко М. О. (НУВГП)

---

**Biedunkova O. A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

#### **ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL TOXICITY OF USED HOUSEHOLD BATTERIES**

**The results of bioassays used household batteries popular types. Test the reaction of organisms of different taxonomic groups showed chronic toxicity in the presence of soil may be leaking batteries type D and AA. Acute and chronic toxicity of water reasoned the battery type D, AA, AAA.**

**Keywords:** used batteries, test-response, chronic toxic.

---

**Бедункова О. А., к.с.-г.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

#### **АНАЛИЗ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ БЫТОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ**

**С помощью методов биотестирования оценено реакцию организмов разных систематических групп на присутствие отработанных батареек. Выяснено, что хроническую токсичность почвы и воды могут вызывать батарейки типов D и AA. Острую токсичность воды вызывали те же типы, а также тип AAA.**

**Ключевые слова:** использованные бытовые батарейки, тест-реакция, хроническая токсичность.

---