

УДК 631.459 – 631.6

**М. В. КУЦЕНКО**, канд. геогр. наук, доц.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського УААН»,  
вул. Чайковська, 4, Харків, 61024, Україна  
kucenko\_nikolay@mail.ru*

## **ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ**

Надано наукове обґрунтування універсальної автоматизованої системи геоінформаційного забезпечення моделей водної ерозії ґрунтів, наведено приклади її застосування для оцінки ерозійної небезпеки земель та проектування оптимальних протиерозійних заходів. В основу інформаційної мережі закладено векторний принцип, що дозволяє автоматично визначати лінії стоку, водозбірні басейни, ухили та експозиції для довільних точок території дослідження і враховувати дискретно-безперервний характер ерозійних процесів.

**Ключові слова:** ерозія ґрунтів, моделювання, геоінформаційне забезпечення, протиерозійні заходи, просторова оптимізація

### **Kutsenko N. V. GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS SOFTWARE OF SOIL WATER EROSION MODELS**

The scientific justification for universal automated geographic information systems software of soil water erosion models is given, there are examples of its use to assess the risk of erosion of land and the design of optimal anti erosion measures. The basis of the information network laid vector principle, to automatically determine the line flow, catchment basins, slope and exposure to arbitrary points of the territory of the study and take into account the discrete-continuous nature of erosion processes.

**Key words:** soil erosion, modeling, geographic information systems software, anti-erosion measures, spatial optimization

## Куценко Н. В. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Дано научное обоснование универсальной автоматизированной системы геоинформационного обеспечения моделей водной эрозии почв, приведены примеры ее использования для оценки эрозионной опасности земель и проектирования оптимальных противоэрозионных мероприятий. В основу информационной сети заложен векторный принцип, что позволяет автоматически определять линии стока, водосборные бассейны, уклоны и экспозиции для произвольных точек территории исследования и учитывать дискретно-непрерывный характер эрозионных процессов.

**Ключевые слова:** эрозия почв, моделирование, геоинформационное обеспечение, противоэрозионные мероприятия, пространственная оптимизация

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ефективну охорону земель від ерозії можна здійснювати тільки на засадах адекватного прогнозування і врахування ерозійної небезпеки, яка змінюється у просторі і у часі. Найбільш важливим фактором ерозії є рельєф, який значною мірою обумовлює потужності водних потоків. До теперішнього часу залишається не вирішеною проблема технологічно досконалого і адекватного врахування параметрів рельєфу у моделях ерозії.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз моделей ерозії наведено в роботах О. О. Світличного, С. Г. Чорного, Г. І. Швєбса [1, 2]. До теперішнього часу широко в світі використовують універсальне рівняння втрат ґрунтів USLE та більш досконалий варіант цієї моделі, відомий під назвою RUSLE [2, 3]. Чимало робіт присвячено інтеграції моделей ерозії ґрунтів в сучасні ГІС-технології [2, 4 – 6]. Як правило моделі прогнозу змиву мають одновимірний характер. Їх недоліком є неможливість врахування просторової диференціації водних потоків. Для просторового моделювання водної ерозії на основі ГІС-технологій використовують растрові цифрові моделі рельєфу, які не дають можливості адекватного

врахування просторових особливостей поверхневого водного стоку [2, 6]. Вплив рельєфу враховують через довжину та ухили схилів. Нами доведено, що довжину схилів можна використовувати в моделях ерозії тільки для плоских схилів з паралельними лініями стоку. В інших випадках замість довжини необхідно використовувати відношення площі мікрводозбору до ширини створу 1 м, що його замикає [7]. Ця обставина і особливо наявність штучних рубажів перерозподілу водного стоку значно ускладнюють моделювання ерозії і роблять проблематичним використання диференціальних рівнянь та растрових моделей рельєфу для їх інформаційного забезпечення. Протягом останніх років нами розробляється комп'ютерна технологія комплексного інформаційного забезпечення моніторингу ерозійної небезпеки та охорони ґрунтів від ерозії [8 – 9].

**Постановка завдання.** Метою статті є обґрунтування вимог до системи геоінформаційного забезпечення моделей ерозії ґрунтів та визначення головних принципів складання векторної структурної цифрової моделі рельєфу, що відповідає таким вимогам.

### Виклад основного матеріалу

Взаємодії в ерозійно-аккумулятивних процесах носять системний характер, спрямований на таке узгодження водно-ґрунтових потоків, що характеризується мінімальною інтенсивністю змиву. Їх можна розглядати як засіб досягнення рельєфом найбільш стійкого стану. Стан ерозійної геосистеми визначається співвідношеннями фактичної та розмивної швидкостей водного потоку, а також - фактичних витрат наносів та транспортуючої спроможності потоку. Інтенсивність змиву пропорційна різ-

ниці між транспортуючою спроможністю та витратами наносів потоку. Оскільки мутність потоків формується на всьому протязі їх течії, то для моделювання системних взаємодій необхідно враховувати з певним кроком безперервну взаємодію водних потоків із рельєфом та земною поверхнею. Важливою особливістю ерозійних процесів є їх просторова дискретність. Постійне чергування ділянок переважаючої ерозії та аккумуляції у просторі та у часі вказує на дискретно-безперервний характер процесу

як внутрішню його особливість. Окрім того, природна дискретність ерозійно-аккумулятивних процесів значно ускладнюється штучною дискретністю господарювання. Межі сільськогосподарських полів, лісосмуги, дороги, штучні борозни є істотними дискретними факторами ерозії, що значно ускладнюють застосування теоретичних моделей ерозії.

Для адекватного геоінформаційного забезпечення моделей ерозії недостатньо враховувати рельєф як сукупність нерівностей земної поверхні. Необхідно в основу інформаційної мережі закласти векторний принцип, що дозволяє автоматично визначати лінії стоку, водозбірні басейни, ухили та експозиції для довільних точок досліджуваної території і враховувати дискретно-безперервний характер ерозійних процесів. З метою технологічно досконалого геоінформаційного супроводу моделей ерозії та протиерозійних заходів розроблено векторну структурну цифрову модель рельєфу (ВСЦМР), яку для конкретної досліджуваної території складають у наступній послідовності:

1. У ГІС Mapinfo роблять географічну прив'язку електронної топографічної карти масштабу 1 : 10000, що охоплює досліджувану територію, до проекції Longitude / Latitude (WGS 84). Цей вибір пояснюється простотою цифрового кодування інформації в Mapinfo у MIF- MID-файлах, можливостями перетворення цих файлів у файли: AutoCAD (DWG/DXF); ESRI (Shape); Spacial Data Transfer Standard (SDTS); Vector Product Format (VPF) за допомогою Universal Translator і невеликою вартістю Mapinfo порівняно з іншими ГІС.

2. На основі топографічної карти створюють векторний шар ліній стоку. Ці лінії вводять за допомогою команди від вододільної до базисної точки, з фіксацією точок їх перетинання з горизонталями. Сусідні лінії стоку вводять проти годинникової стрілки. Лінії стоку вводять в межах кожної суцільної ділянки водозбірного басейну до тих пір поки перепад висот між початковими точками сусідніх ліній стоку не перевищує перепад висот між сусідніми точками лінії стоку, або наступна ділянка, що підлягає діагностиці буде розташована в просторовому розриві з попередньою. В випадках, що суперечать цим вимогам до TAB-файлу вводять

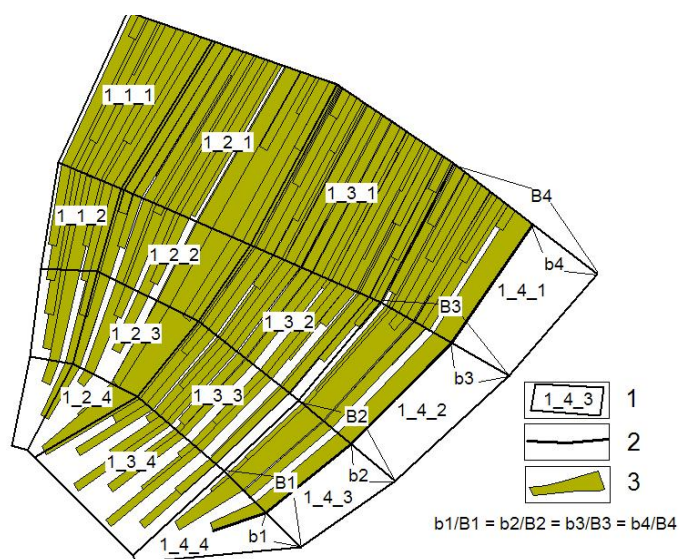
ознаку початку нової ділянки водозбірного басейну (у подальшому ділянки 1-го рангу).

4. Створюють векторний шар протиерозійних рубежів. Їх креслять в довільній послідовності також за допомогою команди.

5. Розрахунки довжин, площ та ухилів неможливо здійснювати у проекції Longitude / Latitude (WGS 84), в якій координати точок представлено у градусах. Тому шари, що містять географічну інформацію про рельєф та протиерозійні рубежі зберігають у вигляді файлів з розширеннями TAB, MIF та MID з проекцією Universal Transverse Mercator (WGS 84), в якій координати точок представлено у метрах.

6. З метою швидкого структурно сфокусованого визначення властивостей земної поверхні автоматично складають та зберігають TXT-файли, що містять загальну кількість точок та координати підпорядкованих полігонів 1-го, 2-го в межах 1-го і 3-го в межах 2-го та 1-го рангів. Файли з полігонів 2-го рангу складають як такі, що обмежено точками сусідніх ліній стоку, а полігонів 3-го рангу - як чотириохкутники, що утворено шляхом перетинання сусідніх відрізків горизонталей та ліній стоку Назви файлів складають як кластери, що: для полігонів 1-го рангу містять 1 число, яке відповідає послідовності введення ділянки розбору; для полігонів 2-го рангу – 2 числа, розділених знаком «\_», перше з яких – це номер полігону 1-го рангу, а друге – номер полігону 2-го рангу в межах 1-го у напрямку проти годинникової стрілки; для полігонів 3-го рангу – 3 числа, розділених знаком «\_», перше з яких – це номер полігону 1-го рангу, друге – номер полігону 2-го рангу в межах 1-го у напрямку проти годинникової стрілки, третє – номер полігону 3-го рангу в межах 2-го в послідовності від вододілу до базису.

7. У подальшому використовують можливість інтерполяції просторового положення лінії стоку до будь-якої точки, що розташовано на ділянці схилу, між уведеними заздалегідь опорними лініями стоку. Для кожної точки регулярної мережі квадратів за дискретним, структурно сфокусованим принципом визначають її належність полігонам спочатку 1-го, потім 2-го в межах 1-го і 3-го в межах 2-го рангів та 1-го рангів і просторове положення лінії стоку, що проходить через точку в межах полігону 3-го, а потім 2-го рангу (рис. 1).



1 – полігони інформаційної мережі 3-го рангу; 2 – лінія стоку, положення якої знайдено шляхом інтерполяції 3 – водозбори, що обмежено лініями стоку і накреслено автоматично для кожної точки діагностичної мережі

**Рис. 1** – Інтерполяція просторового положення ліній стоку до довільних точок діагностичної мережі

Суттєвою перевагою ВСЦМР перед відомими растровими моделями прогнозування змиву є зменшення часу розрахунків, забезпечення просторової репрезентативності, автоматичне врахування протиерозійних рубежів. В цій моделі реалізовано універсальні принципи автоматичного параметричного врахування безперервних та дискретних чинників ерозії. ВСЦМР покладено в основу комп'ютерної технології ґрунтозахисної оптимізації агроландшафтів (КТГО) (рис. 2).

Технологія включає систему комп'ютерних модулів, базу даних та ГІС Mapinfo. Площинні та лінійні об'єкти географічної інформації враховують в технології автоматично - площинні за допомогою алгоритму визначення належності діагностичних точок довільному полігону, а лінійні – за допомогою рівнянь прямих. Таким чином вдалось автоматично враховувати вплив протиерозійних заходів зокрема протиеро-

зійних рубежів на перерозподіл поверхневого стоку та ерозійні процеси (рис. 3).

Просторові зв'язки між природними та антропогенними об'єктами в КТГО визначають шляхом вирішення систем рівнянь, що описують відрізки прямих. Структурний принцип ідентифікації ерозійних чинників та протиерозійних заходів у просторі, що покладено в основу КТГО дозволив будувати безперервні у просторі інформаційні поля на основі векторної (а не растрової) географічної інформації. В результаті використання такого принципу з'явилися можливості параметрично, на основі вирішення систем рівнянь відповідних відрізків прямих, визначати просторове положення протиерозійних заходів та ступень їх ефективності. Значно скоротився необхідний для складних просторових розрахунків об'єм оперативної пам'яті, істотно, порівняно із застосуванням растрових моделей, збільшилась швидкість розрахунків.

### Висновки

Розроблено якісно нову векторну структурну цифрову модель рельєфу і комп'ютерну технологію (КТГО), що дозволила автоматизувати процес детального визначення просторової диференціації поверхневого стоку з урахуванням штучного його перерозподілу на будь-якому рівні деталізації. Ця технологія дозволяє автоматизува-

ти процес моніторингу ерозійної небезпеки та проектування оптимальної ґрунтозахисної структури агроландшафтів. У подальшому її можна буде широко використовувати в математичних моделях енергомасопереносу та оптимізації господарської діяльності в географічному просторі.

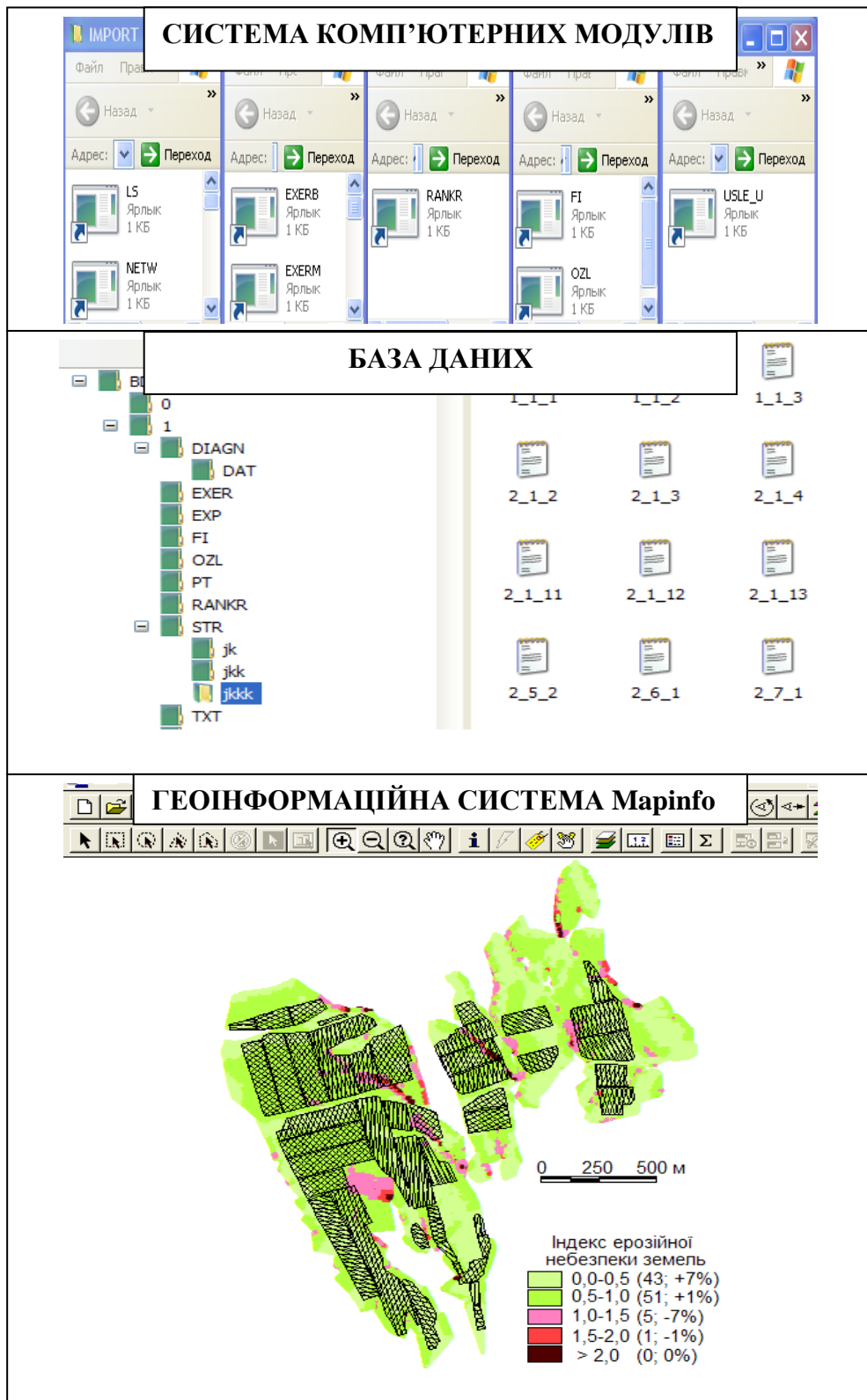
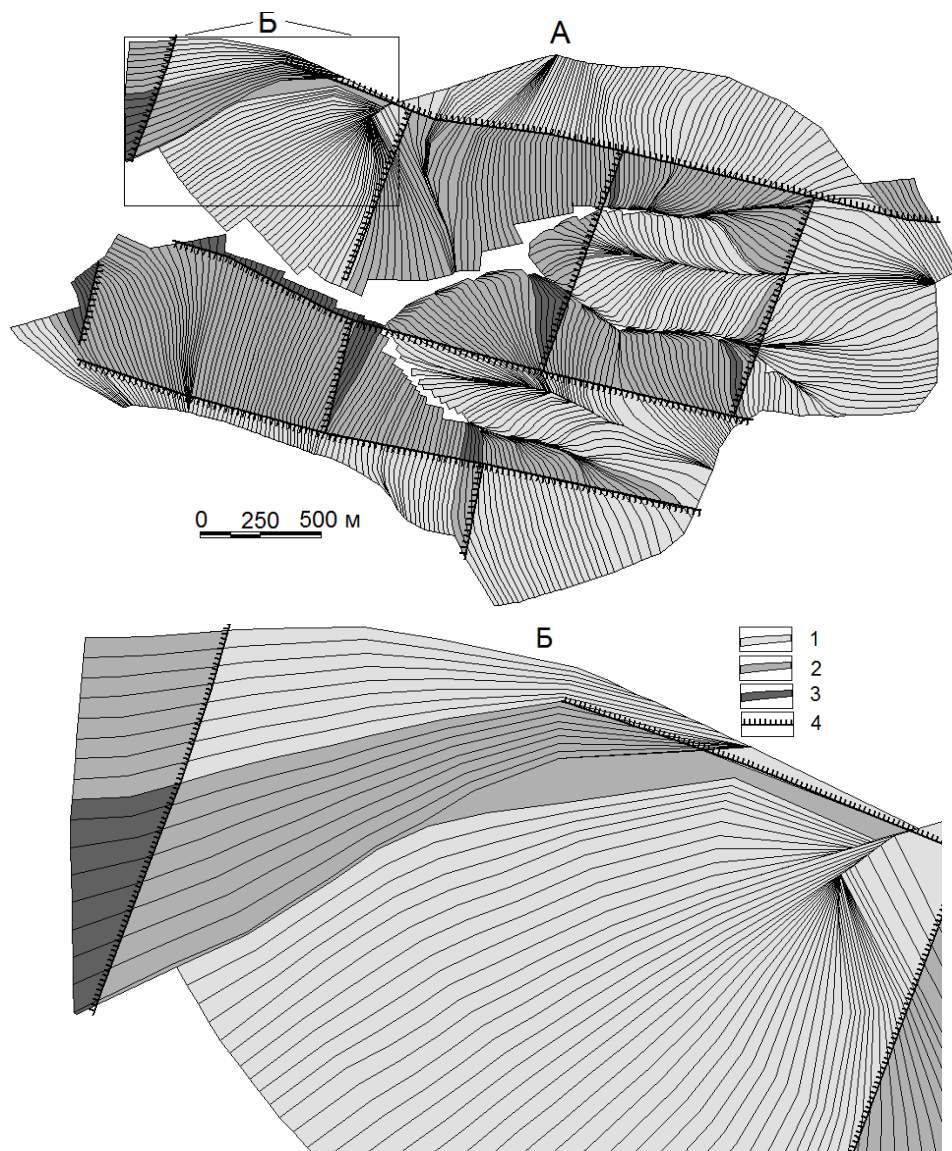


Рис. 2 – Складові частини КТГО



А – в межах водозбірної басейну; Б – в межах його ділянки.  
1- 3 - фрагменти елементарних схилів відповідно: 1 - між вододілом та 1-м протиерозійним рубежем або підніжжям схилу; 2 – між 1-м та 2-м рубежем; 3 – між 2-м та 3-м протиерозійними рубежами зверху вниз; 4 – протиерозійні рубезі

**Рис. 3** – Автоматично визначені складові елементарних схилів

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Светличный А. А. Принципы совершенствования эмпирических моделей смыва [Текст] / А. А. Светличный // Почвоведение. – 1999. - №8. – с. 1015-1023.
2. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты [Текст] / А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швец. – Сумы: Университетская книга, 2004. – 410 с.
3. Anton J. J. Validation of Soil Erosion Risk Assessments in Italy./ Anton J. J. Van Rompaey, Paolo Bazzoffi, Robert J.A. Jones, Luca Montanarella, Gerard Govers, // European Soil Bureau Research Report No.12, EUR 20676 EN, (2003), 25 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
4. Toth G. Treats to soil quality in Europe. / G.Toth, L. Montanarella, E. Russo./ Luxembourg:

- Office for official publications of the European communities. 2008. – 151 pp.
5. Ekinici D. Estimating of Soil Erosion in Laca Durusu basin using RUSLE 3d with Gis./ D. Ekinici. – Cantau, Jstan bul, 2007. – 187 p.
  6. Черваньов І. Г. Флювіальні геоморфосистеми: дослідження й розробки Харківської геоморфологічної школи./ І. Г. Черваньов, С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов. – Х.: ХНУ, 2006. – 322 с.
  7. Куценко М. В. Модель геосистемної оцінки ерозійної небезпеки земель [Текст] / М. В. Куценко // Землеустрій і кадастр. – 2004. – № 1-2. – С. 61 – 68.
  8. Куценко М. В. Комп'ютерна технологія експрес-оцінки ерозійної небезпеки земель та оптимізації протиерозійних заходів [Текст] / М. В. Куценко // Землеустрій і кадастр. – 2010. – № 1. – С. 30 – 38.
  9. Куценко М. В. Геоінформаційна технологія оптимізації охорони ґрунтів від ерозії [Текст] / М. В. Куценко // Мат-ли міжнар. конф. «Стратегії реалізації земельної реформи». – Х., 2011. – С. 65 – 69.

Надійшла до редколегії 23.05.2012

УДК 006.91:574.64

**О. М. КРАЙНЮКОВ**, канд. геогр. наук, доц.  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
майдан Свободи, 6, 61022, Харків, Україна  
alkrainukov@gmail.com

## МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ ВОДИ МЕТОДОМ БІОТЕСТУВАННЯ

Наведено результати експериментальних досліджень з встановлення метрологічних характеристик методики біотестування для визначення хронічної токсичності води з використанням ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. В якості еталонної речовини використано двохромовоокислий калій ( $K_2Cr_2O_7$ ).

**Ключові слова:** методика, біотестування, хронічна токсичність, метрологічні характеристики, еталонна речовина, похибка, збіжність, відтворюваність, норматив оперативного контролю, діапазон реагування, тест-об'єкт

### **Krainukov A. N. METROLOGY PROVIDING OF WATER TOXICITY EVALUATION BY BIOTESTING METHOD**

The results of experimental researches are presented to metrology descriptions establishment of biotesting methodology for determine the chronic toxicity water with the usage of *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg crustaceans. It has been used the potassium dichromate ( $K_2Cr_2O_7$ ) as an etalon substance.

**Key words:** biotesting, methodology, chronic toxicity, metrology descriptions, etalon substance, accuracy, convergence, reproducibility, norm of operative control, range reacting, f test-object

### **Крайнюков А. Н. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

Представлены результаты экспериментальных исследований по установлению метрологических характеристик методики биотестирования для определения хронической токсичности воды с использованием ракообразных *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. В качестве эталонного вещества использован двуххромовокислый калий ( $K_2Cr_2O_7$ ).

**Ключевые слова:** методика биотестирования, хроническая токсичность, метрологические характеристики, эталонное вещество, погрешность, сходимість, воспроизводимость, норматив оперативного контроля, диапазон реагирования, тест-объект