

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПОПЕРЕДЖЕНОЇ ШКОДИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

**Шандиба Олександр Борисович**кандидат технічних наук, доцент  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: 0000-0003-3003-7173  
email: Alexandrshandyba@gmail.com**Хурсенко Світлана Миколаївна**ORCID: /0000-0001-6307-2042  
email: khursenkosvetlana@gmail.com**Семерня Олена Володимирівна**ORCID: 0000-0002-0201-1294  
email: semernya.olena@gmail.com

Внаслідок захворюваності людей при забрудненні довкілля суспільство зазнає суттєвих економічних втрат. У процедурі оцінюванні завданих збитків та плануванні заходів безпеки зазвичай виділяють два основних етапи, що полягають в прямому підрахунку різноманітної фінансової та інших видів шкоди та маркетинговому аналізі з мінімізацією співвідношення „витрати – попереджена шкода”. В останньому випадку необхідно мати не лише репрезентативну статистичну базу даних моніторингу забруднення та захворюваності, але й прийнятну оптимізаційну модель з визначеними ризиками прояву небезпечних факторів забруднення. У запропонованому підході процедура оцінювання шкоди та оптимізації витрат обмежується лише грануляційним складом мінеральних добрив та водоохоронним ефектом пролонгованої (уповільненої) дії більш крупних гранул.

**Ключові слова:** довкілля, водойма, забруднення води, міграція, концентраційний фон, еколого-економічна оцінка, мінеральні добрива, шкідливі компоненти.

DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2019.1-2.1>**1. Вступ**

Порівняльну еколого-економічну ефективність капітальних витрат на водоохоронну діяльність слід розраховувати вже на стадії планування агрохімічних заходів в рослинництві, впровадження нових видів сільськогосподарської техніки, будівництва нових чи реконструкції існуючих систем зрошення.

Величину попередженої економічної шкоди від забруднення поверхневих водойм визначаємо згідно типової широко розповсюдженої методики, схваленої керівними господарчими та науково-дослідними установами:

$$Ш_n = k\Phi M, \quad (1)$$

де  $k$  – чисельна константа шкоди, прийнята з еколого-економічних обґрунтувань, що оцінюється приблизно 400 грн на умовну тону забруднюючої речовини;

$\Phi$  – тарифна константа самоочисної потужності водойми залежно від антропогенного навантаження на неї та кліматичного поясу;

$M$  – приведена маса забруднення, попередженого від потрапляння до водойми.

У свою чергу приведена маса попередженого забруднення  $M$  визначається через обсяг та токсичність забруднень різної природи, що потрапляють до водойми внаслідок міграції:

$$M = W \sum_{i=1}^N A_i m_i \quad (2)$$

де  $W$  – загальна кількість опадів, що спричинили міграцію забруднень обсягом  $M$ ;

$N$  – загальна кількість забруднень, що мігрують до водойми;

$i$  – номер контрольованого забруднення;

$m_i$  – попереджена маса річного скиду  $i$ -го забруднення внаслідок його міграції;

$A_i$  – показник відносної токсичності скидання  $i$ -го забруднення до водойми.

$$\frac{1}{ГДК_i}$$

При цьому  $A_i = \frac{1}{ГДК_i}$  визначається як відношення деякого умовного токсичного забруднення з одиничною гранично допустимою концентрацією  $ГДК$  до  $ГДК_i$  фактичного контрольованого забруднення.

Розрахункова кількість мігруючих забруднень у ґрунтово-водній системі сільськогосподарських угідь узгоджується з перевищенням фактичної концентрації забруднення над допустимим його рівнем для контрольних ділянок. Наприклад, розрахунок приведеної маси по забрудненню «азот» слід вести за показником «азот загальний» та за величиною відносної небезпеки мігруючого забруднення.

**2. Огляд проведених досліджень в галузі забруднення водойм мігруючими розчинними токсичними компонентами. Постановка мети та задач роботи.**

Одним з цільових елементів екологічної безпеки є система оцінювання та аналізу реального концентраційного фону забруднень та прогнозування його змін з часом. На основі сукупності таких даних стає можливим розрахунок еколого-економічних ризиків і підтримка оптимальних управлінських рішень [1-3].

Процедури моніторингу якості води в природних водоймах передбачає:

- створення геогідродинамічних та геохімічних карт прибережних зон;

- визначення характеру господарської діяльності в цих зонах;  
 - ідентифікацію існуючих та потенційних джерел забруднення, особливо неорганізованих;  
 - розробку методики збирання та оброблення лабораторних даних контрольних ділянок, в першу чергу, найбільш інформаційних, індикативних;  
 - менеджмент моніторингових даних, що включає статистичний аналіз, інтерпретацію, презентацію та розповсюдження в інформаційних мережах, включаючи широкий суспільний загал [12,13,14].

В зв'язку з підвищенням рівня радіаційної небезпеки та розповсюдженням полігонів для складування токсичних відходів акцент досліджень в галузі міграції рухомих компонентів стосувався переважно ідентифікації та аналізу зон забруднення [4-5]. Фізико-хімічні механізми розчинення та вимивання рухомих компонентів в ґрунтах розглядалися стосовно гранульованих мінеральних та органо-мінеральних добрив [6-8]. Лабораторну процедуру дослідження кінетики процесу розчинення гранульованого продукту представлено в роботі [9]. Ідентифікації небезпек, оцінюванню та попередженню ризиків з точки зору безпеки життєдіяльності присвячені роботи [10,11].

Слід зауважити, що результати еколого-економічного оцінювання шкоди від забруднення довкілля розраховувались на основі різних методик і часто не давали ґрунтовних об'єктивних підстав для прийняття управлінських рішень [6,11].

Таким чином, в представленому дослідженні поставлена мета розробити інженерний підхід до мінімізації шкоди

довкіллю, зокрема, ґрунтовим та поверхневим водам внаслідок міграції розчинних компонентів гранульованих мінеральних добрив.

### 3. Вплив гранулометричного складу мінеральних добрив

Для оцінювання впливу гранулометричного складу та розчинності мінеральних добрив наведемо розрахунки розподілу маси вимитих та мігруючих компонентів. Пікова висота  $C_{max}$  кривих вимивання теоретично ілюструється порівняльною таблицею 1, де наведені відносні міграційні характеристики гранул різного діаметру  $d$  (пропорційно його кубу  $d^3$ ) та коефіцієнта масовіддачі (обернено пропорційного діаметру) за однакової агротехнічної норми внесення та тривалості опадів.

Ідентичність норми внесення мінеральних добрив до ґрунту  $idem$  гранулами різного розміру обґрунтована рівнянням матеріального балансу:

$$H = \frac{\rho n \pi d^3}{6} = idem, \quad (3)$$

де  $H$  – маса (норма) внесених гранул на одиницю площі;

$\rho$  – густина гранул мінеральних добрив;

$n$  – кількість гранул діаметром  $d$ , що припадає на одиницю площі;

$d$  – діаметр гранул міндобрив.

Приймаючи  $\rho = const$ , отримаємо ідентичність норми внесення мінеральних добрив до ґрунту:

$$idem = nd^3.$$

Таблиця 1

Вплив гранулометричного складу міндобрив на відносну кількість вимитої речовини %, що приймає участь у міграційному процесі

Діаметр $d$ гранул, мм	10	8	6	4	2
Відносна маса гранули, %	100	51,2	21,6	6,4	0,8
Кількість $n$ гранул відносно базового діаметра $d = 10$ мм	1	1,95	4,63	15,6	125
Відносна площа поверхні гранули	1	0,64	0,36	0,16	0,04
Відносна кількість вимитої речовини	1	1,25	1,67	2,5	5

Слід зауважити, що за однакової норми внесення добрив на базовий діаметр гранули  $d = 10$  мм припадає 1,95 гранул діаметром 8 мм, 4,63 гранул діаметром 6 мм, 15,6 гранул діаметром 4 мм та 125 гранул діаметром 2 мм. Враховуючи, що масовіддача гранул збільшується пропорційно квадрату їх діаметра, загальна кількість вимитої активної речовини, що приймає участь в міграції по рельєфу контрольної ділянки до водойми, буде визначатись добутком відносної кількості гранул на відносну площу поверхні гранули. Тобто останній рядок таблиці 1 є добутком другого та третього рядка цієї таблиці. Очевидно, що для гранул діаметром 2 мм за однакової норми внесення та ідентичної інтенсивності опадів в аналогічних геогідродинамічних умовах відносна кількість вимитої речовини у 5 разів перевищує аналогічний показник для базового розміру 10 мм.

### 4. Оцінювання характеру міграції та шкоди довкіллю

Аналіз міграційних кривих показав кореляцію пікових концентрацій з грануляційним складом внесених добрив (рис. 1). Розглянуті характеристики міграції розчинних компонентів мінеральних добрив в ґрунтово-водних системах дає

підстави для агрохімічної оптимізації та еколого-економічного розрахунку попередженої шкоди довкіллю.

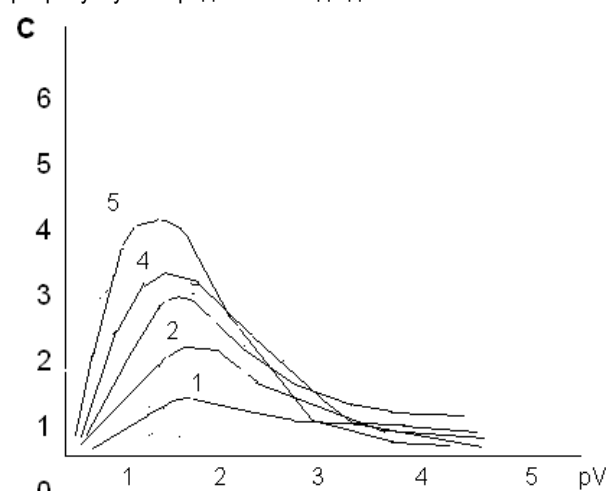


Рис. 1. Характер міграційних кривих рухомих компонентів залежно від гранулометричного складу внесених мінеральних добрив: 1 – 10 мм, 2 – 8 мм, 3 – 6 мм, 4 – 4 мм, 5 – 2 мм.

В якості прикладу проведемо оцінювання еколого-економічних наслідків застосування вказаного спектру мінеральних добрив. Для цього скористаємося базовою формулою шкоди довкіллю (1), де в якості  $M$ , відносної маси забруднення (розчинних компонентів гранульованого добрива), що ймовірно потрапить у водойму внаслідок міграції, візьмемо розрахункові дані таблиці 1.

Трансформуємо індикативний графік еколого-економічного аналізу (рис. 1) до конкретних умов застосування гранульованих добрив на контрольних ділянках сільськогосподарських угідь. Результати аналізу наведено на рис. 2.

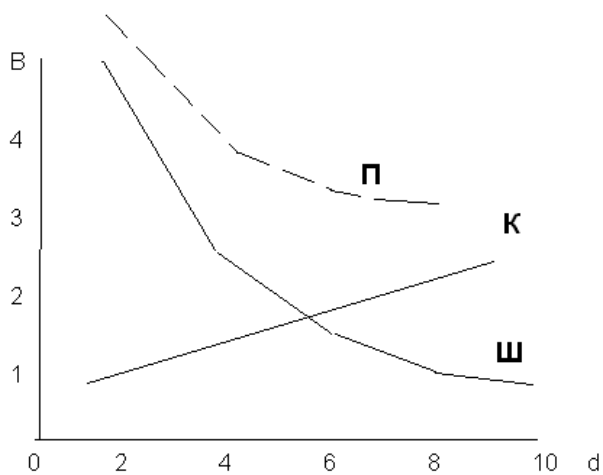


Рис. 2. Співвідношення приведеної вартості природоохоронних заходів П, капітальних витрат К та шкоди від забруднення Ш мігруючими компонентами внесених гранульованих добрив різного діаметру

Спадаюча крива кількості мігруючих компонентів і відповідна еколого-економічна шкода водоймам залежно від гранулометричного складу має переважно експоненціальний характер відповідно до значень відносної кількості вимитої речовини (останній рядок таблиці 1). Зростаюча вартість виробництва гранульованих добрив у першому наближенні апроксимується лінійною функцією. Таким чином, в результаті взаємодії двох протилежних тенденцій є підстави знайти оптимум гранулометричного складу добрив пролонгованої дії і пов'язаних з їх виробництвом витрат (рис. 2).

#### Висновки

Екологічно небезпечним наслідком міграції токсичних компонентів мінеральних добрив, інтенсивного забруднення територій та земель сільськогосподарського призначення внаслідок хибного застосування мінеральних добрив можливо запобігти ефективною агротехнічною практикою, моніторингом довкілля та безпечним застосуванням мінеральних добрив та пестицидів.

Для обмеження і мінімізації руху будь-яких компонентів до ґрунтових або поверхневих вод слід проводити довгостроковий ґрунтово-екологічний прогноз, що включає геохімічне картографування на базі комп'ютерного моделювання разом з еколого-економічним оцінюванням попередженої шкоди.

#### Список використаної літератури:

- Надточій П.П. Екологія ґрунту та його забруднення / Надточій П.П., Германенко В.Г., Вольвач Ф.В. – К. : Аграрна наука, 1998. – 286 с.
- Добрива та їх використання: Довідник. – К. : Арістей, 2010. – 254 с. за фін. підтримки ДП «АГРОЦЕНТР ЄВРОХІМ-УКРАЇНА».
- Измайлов Р.Р., Голованова О.А. Биорезорбируемость гранулированного композита на основе карбонатгидроксилпатита и желатина в средах с различными значениями pH // Вест. Ом. ун-та. 2015. № 2. С. 61–65.
- Шандиба О.Б. Застосування методів Ейлера та Лагранжа в прикладних задачах гідродинаміки // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 2 (55). – 2016. – С. 181-185.
- Шандиба О.Б., Шпетний Д.М. Моделювання динаміки концентраційного фону рухомих забруднень засобами EXCEL // Збірник наукових статей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення” (9-13 вересня 2013) – Алушта, 2013. – Т. 2. – С. 156-159.
- Шандиба О.Б., Шандиба І.О., Курило А.О., Шпетний Д.М. Економічна ефективність впровадження заходів охорони праці та довкілля // Технічний сервіс агропромислового та транспортного комплексів. – № 5. – 2016. – С. 188-192.
- Холин Б.Г., Шандыба А.Б., Хохлов Л.Г. и др. Расчет перфорированных оболочек центробежных и вибрационных грануляторов // Химическая промышленность. – № 4. – 1991. – С. 40-42.
- Шандиба О.Б., Вакал С.В., Толбатов А.В., Смоляров Г.А. Еколого-технологічні аспекти виробництва та застосування гранульованих мінеральних добрив // Монографія «Научное окружение современного человека». – 2018. – С. 147-155.
- Данилов Д.Г. Экспериментальное исследование процесса растворения гранулированного коагулянта // Вестник ИГЭУ, вып. 2, 2008, С.1-4.
- Шандиба І.О., Кузема О.С., Шандиба О.Б. Оцінювання впливу виробничих факторів на рівень техногенної безпеки // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»: – Т.2. – 2010. – С. 147-150.
- Идентификация опасностей, оценка рисков и управление рисками [Электронный ресурс] // Услуги по охране труда и безопасности в Беларуси и Минске – Режим доступа: <http://helper.by/identifikaciya-opasnosteie-i-ocenka-riskov-upravleni.html>.
- A.B.Shandyba, D.M.Shpetny. Pollution migration forecast for soil geochemistry mapping // Geomatics, Landmanagement and Landscape. – № 3. – Poland, Krakow. – december 2015. – P. 101-112.
- D.Han, X.Tong, M.G.Kurrel, G.Cao, M.Jin, C.Tong. Evaluation of the impact on uncontrolled landfill on surrounded ground-water quality- Journal f Geochemical Exploration (2013), Elsevier-com.

14. D.Russo, A.Laufer, A.Silber, S.Assouline. Water up take, active root volume and solute leaching drip irrigation: A numerical study. – Water resources research, vol.45., W12413, 2009.

**Шандыба А.Б., Хурсенко С.Н., Семерня Е.В.**

**Эколого-экономическая оценка предотвращенного ущерба от загрязнения водоемов**

*Вследствие заболеваемости людей при загрязнении окружающей среды общество претерпевает существенные экономические потери. В процедуре оценки нанесенного ущерба и планирования мер безопасности обычно выделяют два основных этапа, состоящие в прямом подсчете разнообразного финансового и других видов ущерба и маркетинговом анализе с минимизацией соотношения «затраты – предотвращенный ущерб». В последнем случае необходимо иметь не только репрезентативную статистическую базу данных мониторинга загрязнения и заболеваемости, но и приемлемые оптимизационные модели с определенными рисками проявления опасных факторов загрязнения. В предложенном подходе процедура оценки ущерба и оптимизации расходов ограничивается только грануляционным составом минеральных удобрений и водоохраным эффектом пролонгированного (замедленного) действия более крупных гранул.*

**Ключевые слова:** окружающая среда, водоем, загрязнение воды, миграция, концентрационный фон, эколого-экономическая оценка, минеральные удобрения, вредные компоненты.

**Shandyba A.B., Khursenko S.N., Semernya E.V.**

**Ecology-economical damage assessment under water pollution**

*Due to human morbidity due to environmental pollution, society suffers significant economic losses. In the procedure for assessing damage and planning security measures, two main stages are usually distinguished, consisting of a direct calculation of various financial and other types of damage and a marketing analysis with minimization of the "cost - prevented damage" ratio. In the latter case, it is necessary to have not only a representative statistical monitoring database pollution and morbidity, but also acceptable optimization models with certain risks of manifestation of hazardous pollution factors. The hurra of damage assessment and cost optimization is limited only by the granulation composition of mineral fertilizers and the water-protective effect of the prolonged (delayed) action of larger granules.*

**Key words:** environment, water resources, pollution, migration, pollution concentration distribution, ecology-economical damage assessment, fertilizers, dangerous chemicals.

Дата надходження до редакції: 14.02.2019