

14. Позиція Державного агентства України з управління зоною відчуження на відеорепортаж каналу ICTV [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Держ. агентства України з управління зоною відчуження. – Режим доступу: [http://dazv.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=90&Itemid=180](http://dazv.gov.ua/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=90&Itemid=180).

15. Паспорт ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в Житомирській області / Управління з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи Житомирської ОДА. – Житомир, 2005. – 64 с.

16. Статистичний щорічник Житомирської області за 2012 рік / Головне управління статистики у Житомирській області. – Житомир, 2013. – 468 с.

17. Чорнобильська катастрофа : монографія / за ред. В. Г. Бар'яхтара. – К. : Наук. думка, 1996. – 576 с.

18. Фокин А. Д. Сельскохозяйственная радиология : учебник / А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин. – М. : Дрофа, 2005. – 367 с.

УДК 631.1.521.5:504

С. І. Веремєнко

д. с.-г. н.

Житомирський національний агроєкологічний університет

О. С. Мороз

к. с.-г. н.

Національний університет водного господарства та природокористування

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ

*У статті наводиться аналіз стану ґрунтів, які потрапили під забруднення радіонуклідами. Проаналізований загальний стан вивченості даного питання. Також вказано на відомі методи і методики складання прогнозу накопичення радіонуклідів у сільськогосподарській продукції.*

*Авторами наведено методику складання графічного методу визначення накопичення радіонуклідів. Представлені рисунки з номограмами для визначення прогнозного вмісту радіонуклідів для різних сільськогосподарських культур, побудованих на основі математичних моделей вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у сільськогосподарських культурах залежно від показників родючості дерново-підзолистих ґрунтів.*

*Крім цього, для більш точного прогнозу вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції, авторами запропоновано використовувати залежність, яка враховує вміст у ґрунті гумусу та фізичної глини.*

**Ключові слова:** радіонукліди, прогноз, забруднення, номограми, фізична глина, оглеєння, гумус, математична модель.

### Постановка проблеми

Регіон Полісся займає приблизно 20% території України, серед яких більше 15% сільськогосподарських угідь і 13% орних земель. До 90% площі всіх ґрунтів

Полісся забруднені радіонуклідами, що осіли на ґрунтовий покрив у результаті аварії на ЧАЕС [19].

Забруднення ґрунту біологічно-активними радіонуклідами цезію-137 та стронцію-90 спричинило великі складності при веденні сільськогосподарського виробництва. Бідний мінералогічний склад дерново-підзолистих ґрунтів Українського Полісся обумовлений легким гранулометричним складом, що визначає несприятливі водно-фізичні, фізико-хімічні та агрохімічні властивості цих ґрунтів.

Проблема полягає і в тому, що регіон Полісся складається з різних типів ґрунтів, які відрізняються між собою як складом, так і генезисом.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Більша половина (до 60%) території Полісся зайнята дерново-підзолистими ґрунтами, які характеризуються цілим рядом властивостей, що спричиняють швидку міграцію радіонуклідів у системі «ґрунт–рослина» [19].

За останні роки також проведено значний обсяг експериментальних та теоретичних досліджень, які дали змогу розробити наукову концепцію освоєння й окультурення гідроморфних ґрунтів Полісся України [19, 20].

У публікаціях останніх років прослідковується думка, що меліорація та сільськогосподарське використання ґрунтів Полісся в одних випадках призводить до підвищення їх ефективної родючості, інших – до прогресивного розвитку деградації ґрунтів [1, 9, 10,]. Це можна пояснити тим, що автори, висвітлюючи проблеми окультурення, мало уваги приділяли вивченню екологічних наслідків освоєння ґрунтів регіону.

Після катастрофи на ЧАЕС основна маса радіонуклідів сконцентрувалася у верхньому шарі ґрунту. Серед заходів, які були рекомендовані щодо ведення сільськогосподарського виробництва, пропонувалося захоронення забрудненого шару ґрунту та внесення підвищених доз фосфорно-калійних добрив [1–4].

Серед факторів, які визначають рухомість радіонуклідів, можна виділити такі: 1) метеорологічні умови; 2) властивості речовини, у складі якої радіонукліди надходять у біосферу; 3) фізико-хімічні властивості радіонуклідів; 4) склад, властивості та особливості генезису ґрунтів [1,7–9].

Зняття та захоронення верхнього шару доцільно лише при високих щільностях забруднення ґрунту [11–13], але цей захід має обмежене застосування. Проблема не тільки в тому, щоб рівні вмісту радіонуклідів у сільськогосподарських культурах не перевищували встановлених норм, але і в тому, щоб отримувати продукцію з мінімальним вмістом радіонуклідів. Здійснення цієї мети можливо лише при поєднанні 3-х груп заходів: організаційних, агротехнічних та технологічних. Наразі найбільш широко використовується комплекс агрономічних заходів, таких, як внесення підвищених доз мінеральних, органічних добрив, вапна та інших меліорантів.

Ефективність цих прийомів з часом змінюється, що необхідно враховувати при прогнозуванні рівнів забруднення сільськогосподарської продукції та обґрунтуванні повторних циклів проведення заходів [13].

Відомі методики й методи прогнозування вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції та культурах, які базуються на розрахунку вмісту радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію та культури, які базуються на розрахунку вмісту радіонуклідів з використанням показників щільності, забруднення ґрунту, коефіцієнту переходу радіонуклідів до культур [11].

Відомі також методи розрахунку вмісту радіонуклідів в культурах, в основу яких покладено використання рівнянь залежності цього показника від наявності в ґрунті сполук азоту, фосфору, калію та кислотності ґрунту [1].

Складання прогнозу в цьому випадку ускладнюється підбором коефіцієнтів переходу для окремих відмін й різновидностей дерново- підзолистих ґрунтів та затратою часу і коштів на визначення показників властивостей ґрунту.

У зв'язку з цим, виникає необхідність у розробці і використанні більш простих та надійних методик й методів прогнозу надходження радіонуклідів до сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

#### **Мета, завдання та методика досліджень**

Методика складання прогнозу полягає в тому, що для побудови номограм використовуються вже обраховані значення вмісту цезію-137 у сільськогосподарській продукції та значення показників родючості дерново-підзолистих ґрунтів. На основі цих даних і будуються номограми. Методика складання прогнозу вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції описана у літературі [12], тому, в даному випадку, ми не будемо наводити її повністю.

В основу розробки методики і методу покладені дані обстежень полів 42 господарств Рівненської і Житомирської областей. За основні показники взято: вміст фізичної глини, вміст гумусу, ступінь оглеєності, що найбільш повно характеризує склад та генезис цих ґрунтів. Інформація про них міститься в генетичній назві ґрунту та картографічних матеріалах агрохімічних турів обстеження.

#### **Результати досліджень**

Математична обробка експериментальних даних та даних 42 господарств показує, що залежність надходження радіонуклідів до сільськогосподарських культур, залежно від оглеєності, вмісту фізичної глини та гумусу, описується рівнянням гіперболи, а ступінь оглеєння – рівнянням параболи другого порядку. Кореляційні відношення отриманих залежностей коливаються в межах 0,89–0,98, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними факторами (таблиця 1).

Таблиця 1. Математичні моделі вмісту Cs-137 у сільськогосподарських культурах залежно від показників родючості дерново-підзолистих ґрунтів

Показники	Багаторічні трави	Вико-вівсяна суміш	Овес
Вміст фізичної глини, %	$y = \frac{21,9 + 469}{x}$	$y = \frac{15,9 + 435,5}{x}$	$y = \frac{21,6 + 132,4}{x}$
Вміст гумусу, %	$y = 1,48 + \frac{30,5}{x}$	$y = 21,87 + \frac{35,6}{x}$	$y = 4,95 + \frac{8,05}{x}$
Ступінь оглешення, %	$y = 2307x^2 - 4337x + 2283$	$y = 370x^2 - 670x + 342$	$y = 374x^2 - 679x + 340$

Але даний метод розрахунку, хоча він дуже зручним, одночасно є громіздким, а значить, збільшує час на складання подальшого прогнозу. Виходячи з цього, пропонується більш швидкий метод складання прогнозу вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. Таким методом є графічний метод. Суть його полягає в тому, що щільність забруднення сільськогосподарської продукції радіонуклідами можна визначити за допомогою номограм.

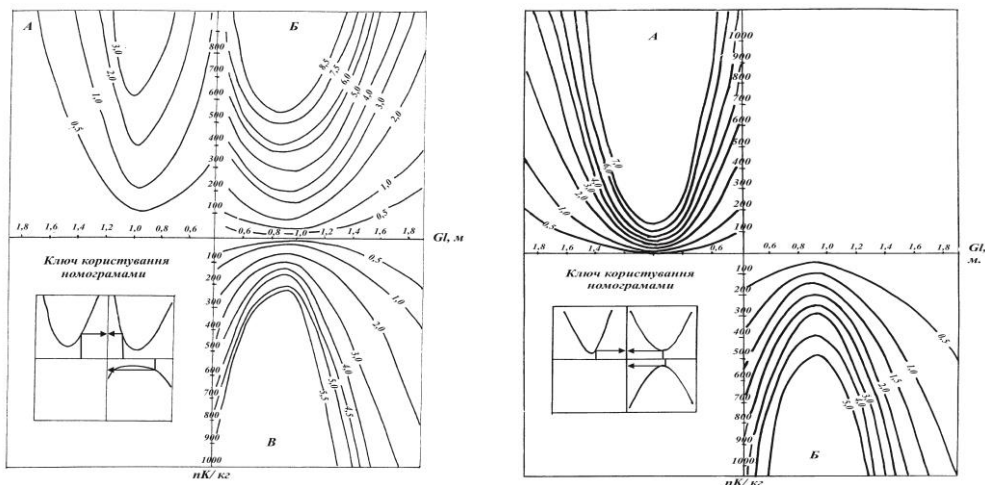
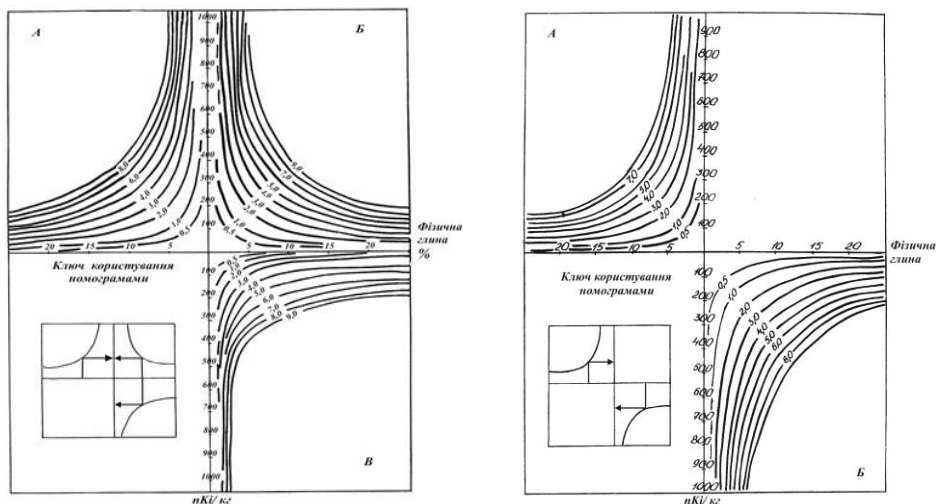
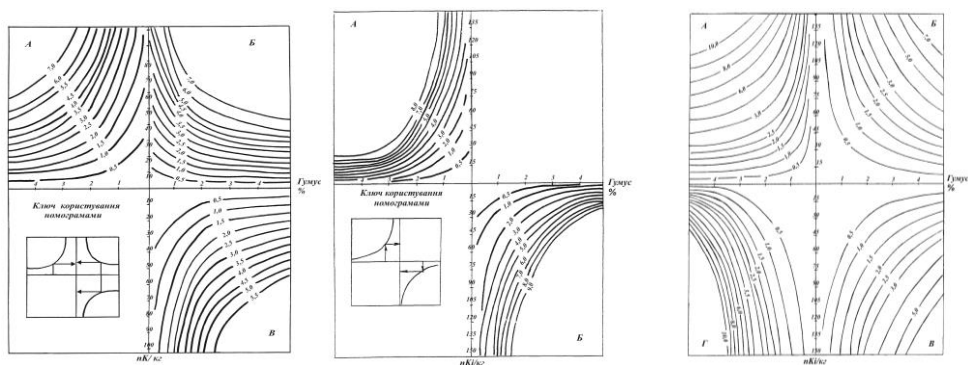


Рис. 1. Номограми визначення вмісту Cs-137 (нК/кг) у сільськогосподарській продукції залежно від ступеня оглешення:

I. А – багаторічні трави; Б – викосуміш; В – овес;  
II. А – природні трави; Б – конюшина



**Рис. 2. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/kg) у сільськогосподарських культурах, дерново-підзолистих ґрунтах різного гранулометричного складу: I. А – багаторічні трави; Б – викосуміш; В – овес. II. А – природні трави; Б – конюшина.**



**Рис. 3. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/kg) у сільськогосподарській продукції, дерново-підзолистих ґрунтах залежно від вмісту гумусу: I. А – багаторічні трави; Б – овес; В – викосуміш; II. А – природні трави; Б – конюшина; III. А – жито; Б – картопля; В – кукурудза на з.м.; Г – льон.**

При цьому, криві номограм будуються відповідно для кожної щільності забруднення від 0,5 Кі/км<sup>2</sup> до 10 Кі/км<sup>2</sup>. Номограми представлені на рисунках (рис.1–3) з наведеним ключом користування.

Наприклад, якщо ґрунт зі щільністю забруднення 1 Кі/км<sup>2</sup> має оглеєність 0,8 м, вміст фізичної глини – 7% та вміст гумусу – 1,5%, то надходження цезію-137 до багаторічних трав (сіно), згідно із номограмами буде складати, залежно від оглеєння, 260 нКі/кг, від вмісту фізичної глини – 70 нКі/кг та вмісту гумусу – 23 нКі/кг.

Розрахунок вмісту цезію-137 у багаторічних травах згідно із рівняннями, наведених у таблиці 1, засвідчує, що при цих же показниках родючості рівень забруднення буде складати від оглеєності 263,8 нКі/кг, вмісту фізичної глини – 70,1 нКі/кг, вмісту гумусу – 21,8 нКі/кг.

Отримані результати несуттєво відрізняються від величин, отриманих згідно із запропонованим графічним методом. Виходячи з цього, розроблений графічний метод встановлення щільності забруднення сільськогосподарських культур пропонується для використання у фермерських та кооперативних господарствах.

Поряд з цим, нами, для більш точного прогнозу вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції, запропонована залежність, яка враховує вміст в ґрунті гумусу та фізичної глини. Залежність має вигляд багаточлену

$$Y = a + bx_1 + cx_2, \quad (1)$$

де  $Y$  – вміст в сільськогосподарській продукції цезію-137 (нКі/кг);

$X_1$  – вміст гумусу (%);

$X_2$  – вміст фізичної глини (%);

$a, b, c$  – коефіцієнти залежності. Для багаторічних трав рівняння має вигляд

$$Y = -31050,31 + 4333,35 \times 1 + (-46747,83) \times 2. \quad (2)$$

За даними, отриманими в результаті розрахунку із залежності (2) та рівняннями, наведеними в таблиці 1, при вмісті в ґрунті гумусу 1% і 10% фізичної глини видно, що різниця за розрахованими величинами складає 3 нКі/км.

Таким чином, проведені дослідження показують, що внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів (суглинку, мергелю, торфу та туфу) сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур й зниженню надходження цезію-137 до рослинницької продукції.

Найвищу врожайність сільськогосподарських культур та найбільше зменшення міграційної здатності цезію-137 у системі «ґрунт–рослина» забезпечує внесення під сільськогосподарські культури 300 т/га суглинку на цих ґрунтах, 40 т/га мергелю або 10 т/га туфу за фоном повного мінерального добрива.

---

**Висновки та перспективи подальших досліджень**

Таким чином, запропоновано метод прогнозу рівнів забруднення сільськогосподарської продукції ряду сільськогосподарських культур на основі використання номограм залежно від основних показників дерново-підзолистих ґрунтів, який достатньо простий та зручний для використання у виробництві.

На перспективу планується продовжити роботу з удосконалення та підвищення точності запропонованого методу.

---

**Література**

---

1. *Веремеенко С. И.* Экологические принципы мелиорации и окультуривания почв Полесья Украины / *С. И. Веремеенко* // Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды : тезисы докл. IV конгресса. – К., 1996. – С. 199.
2. *Вознюк С. Т.* Торфяные почвы Полесья и лесостепи УССР (свойства, окультуривание и повышение эффективности плодородия) : дис. ... доктора с.-х. наук / *С. Т. Вознюк.* – Харьков, 1969. – 37 с.
3. *Вознюк С. Т.* Геохимические особенности и плодородие почв УССР / *С. Т. Вознюк* // Тр. Харьковского СХИ им. *В. В. Докучаева.* – 1969. – Т. 23 (90). – С. 83–93.
4. *Вознюк С. Т.* Окислительно-восстановительный режим осушаемых торфяных почв Полесья УССР / *С. Т. Вознюк, Н. А. Клименко* // Почвоведение. – 1983. – № 3. – С. 127–133.
5. *Клименко Н. А.* Эволюция плодородия гидроморфных почв Полесья УССР под влиянием комплексных мелиораций : автореф. дисс. на соискание учен. степени доктора с.-х. наук / *Н. А. Клименко.* – Харьков, 1989. – 32 с.
6. *Клименко Н. А.* Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР / *Н. А. Клименко.* – К. : Изд-во УСХА, 1990. – 174 с.
7. *Клименко Н. А.* Окислительно-восстановительный режим осушаемых дерново-подзолистых почв Полесья УССР / *Н. А. Клименко, С. И. Веремеенко* // Почвоведение. – 1988. – № 4. – С. 31–37.
8. Современные и перспективные задачи по управлению плодородия почв Украинской ССР / *Б. С. Носко, В. В. Медведев, Р. С. Трускавецкий, Г. Я. Чесняк* // Почвы Украины и повышение их плодородия. – К. : Урожай, 1988. – Т. 2. – С. 161–174.
9. *Клименко Н. А.* Проблемы окультуривания загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почв / *Н. А. Клименко, С. И. Веремеенко* // Экология Полесья: проблемы, современность, будущее.. – 1993. – ч. 2. – С. 150–152.
10. *Кваша М. К.* Почвы Ровенской области / *М. К. Кваша.* – Львов : Каменяр, 1970. – 98 с.
11. *Перепелятникова Л. В.* Миграция радионуклидов в системе почва-растение в богарном земледелии / *Л. В. Перепелятникова* // Радиозекология орошаемому земледелию. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – С. 32–63.

12. Влияние ландшафтно-геохимических особенностей зоны отселения ЧАЭС на горизонтальную миграцию радионуклидов / Л. В. Перепелятникова, Б. С. Пристер, Н. М. Архипов [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии – Десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС : тез. докл. 2-ой междунар. конф. –Житомир, 1996. – С. 215–217.

13. Перепелятников Г. П. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях при орошении / Г. П. Перепелятников // Радиоэкология орошаемому земледелию. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – С. 64–110.

УДК 628.394.17:546

Т. М. Мислива

к. с.-г. н.

Житомирський національний агроекологічний університет

### ВАЖКІ МЕТАЛИ І МІКРОЕЛЕМЕНТИ В ОРГАНАХ Й ТКАНИНАХ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ МАЛИХ РІЧОК ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

*Розподіл Fe, Mn, Cu, Zn, Pb і Cd в органах і тканинах представників іхтіофауни малих річок Житомирського Полісся характеризується неоднорідністю і залежить як від фізико-хімічних властивостей важких металів, так і від функціональних особливостей органів і тканин риб. Максимальні кількості міді – 5,87–9,04 мг/кг і марганцю – 1,0–1,81 мг/кг концентруються у печінці і зябрах риби, цинку – 32,66–36,89 мг/кг – нирках і зябрах, кадмію – 0,024–0,050 мг/кг – печінці і нирках, заліза – 11,68–11,76 мг/кг і свинцю – 1,22–1,32 мг/кг – у шкірі і зябрах представників іхтіофауни. Підвищені концентрації практично всіх важких металів і мікроелементів зафіксовані у зябрах, які беруть безпосередню участь в обміні хімічними речовинами між водним середовищем і організмами риб. Наявна небезпека виникнення неканцерогенних ефектів за умови щоденного споживання риби, середній вміст свинцю в якій становить 0,96 мг/кг, а цинку – 29,11 мг/кг. При цьому, найбільша небезпека існує для виникнення гормональних порушень ( $HQ = 5,65$ ), ураження репродуктивної і центральної нервової систем та виникнення вад розвитку ( $HQ = 4,59$ ), ураження нирок ( $HQ = 1,06$ ).*

**Ключові слова:** вода, важкі метали, мікроелементи, органи і тканини риб, розподіл, забруднення, канцерогенний і неканцерогенний ризик.

#### Постановка проблеми

У сучасних екологічних умовах однією з найбільш гострих екологічних проблем, що стосуються гідросфери, є забруднення басейнів малих річок, які через незначні площі водозборів найбільш вразливі до негативного техногенно-антропогенного впливу. Відомо, що малі річки безпосередньо впливають на гідрохімічний склад та якість води середніх і великих річок, а в їхніх басейнах формується понад 60 % водних ресурсів України [9]. Особливо небезпечними за впливом на екологічну систему водних об'єктів є важкі метали, що відносяться