

УДК 504:002.68

**ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВІД
НЕРАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПЕСТИЦИДІВ НА
РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ**

**ASSESSMENT OF ECOLOGICAL & ECONOMIC CONSEQUENCES
OF INEFFECTIVE USE OF PESTICIDES ON REGIONAL LEVEL**

**Карпенко О.О., Муравкіна М.О.
Olga Karpenko, Marina Muravkina**

В статті розглянуто сьгоднішній стан використання пестицидів та їх негативного впливу на навколишнє середовище, а саме забруднення ґрунтів та підземних вод. Наведено модель антропогенного впливу пестицидів.

Постановка проблеми. В останні роки в Одеському регіоні спостерігається тенденція до економічного зростання. Однак ці позитивні зміни сприяли зростанню забруднення навколишнього середовища.

Аналіз досліджень. На сьгоднішній день, особливої актуальності набула проблема застосування пестицидів у сільському господарстві та дослідження наслідків впливу пестицидів на природні екосистеми та здоров'я людей. Незважаючи на певний науковий рівень досліджень в аспекті даного питання, їх регіональний аспект потребує суттєвого поглиблення та удосконалення. Таким чином регулювання процесу використання пестицидів потребує більш ґрунтового розроблення економічних важелів на рівні як України в цілому, так і окремих регіонів.

Формування цілі. Мета роботи – охарактеризувати існуючу ситуацію щодо нераціонального використання пестицидів та проаналізувати еколого-економічні наслідки.

Дослідження. Сільське господарство – одна з основних за обсягом виробництва й зайнятості трудових ресурсів галузь матеріального виробництва. У ній зайнято 35% населення, зосереджено понад половини виробничих фондів, виробляється 42% валового суспільного продукту, 80% товарів народного споживання [1].

Агропромисловий комплекс є винятково важливою ланкою економіки Одеської області. Головне природне багатство Одеської області - її земельні ресурси, що представлені переважно чорноземними ґрунтами з високою природною родючістю. У сполученні з теплим степовим кліматом вони формують високий агропромисловий (сільськогосподарський) потенціал регіону. Але для отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських рослин необхідно

застосування інтенсивних технологій вирощування, які включають в себе внесення органічних і мінеральних добрив та пестицидів.

На сьогоднішній день, особливої актуальності набула проблема застосування пестицидів у сільському господарстві та дослідження наслідків впливу пестицидів на природні екосистеми та здоров'я людей.

Окрім безпосереднього цільового призначення, пестициди чинять багатосторонній негативний вплив на біосферу, масштаб якого порівнюють з глобальними екологічними чинниками. Головна небезпека пестицидів полягає у входженні їх у біологічний колообіг, у процесі якого вони надходять в організми людини і тварин. Токсичність пестицидів визначена для всіх живих організмів, що пояснюють подібністю їхніх головних біохімічних процесів і молекулярно-біологічною організацією живого. Найвираженішу токсичну дію на людину і теплокровних тварин мають пестициди хлорорганічної і фосфорорганічної груп [3].

Висока стійкість хлорорганічних і триазинових пестицидів до розпаду є важливою передумовою їхньої міграції за профілем ґрунту, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що становить небезпеку для природних біогеоценозів і, відповідно, існування людини. Тому екологічно важливо оцінити сучасний стан забруднення ґрунту екосистем залишками пестицидів. Пестициди, що потрапили на поверхню ґрунту, можуть вимиватися в більш глибокі горизонти й ґрунтові води, надходити у водойми з поверхневим стоком, у друге з'являтися на поверхні ґрунту при капілярному піднятті ґрунтових вод або при оранці з оберненням пласту, переходити в атмосферне повітря в результаті випаровування або з пилом при вітровій ерозії ґрунту, через рослини мігрувати в організм тварин і людини.

Серед основних негативних екологічних наслідків застосування пестицидів слід виділити наступні:

- здатність їх накопичуватися у ґрунті та переноситися живими організмами по трофічному ланцюгу;
- зменшують біологічну продуктивність і нормальне функціонування ґрунтових мікробіоценозів;
- знижують інтенсивність процесів самоочищення ґрунту;
- здатні накопичуватися у річках, морях та ґрунтових водах;
- пригнічують біохімічні процеси і перешкоджають природному відновленню родючості;
- викликає втрату харчової цінності та смакових якостей сільськогосподарської продукції.

Застосування великих доз добрив може погіршити якість продукції, ґрунтових вод, що зумовлює забруднення близьких річок і водойм. Використання мінеральних добрив дало змогу певною мірою підвищити врожайність культур, однак подальше збільшення їх доз уже не сприяло її зростанню, що пов'язано із зменшенням запасів гумусу в ґрунті. Зростання врожайності неможливе без удосконалення технології внесення добрив. Безконтрольне їх застосування призводить до забруднення навколишнього середовища, що загрожує здоров'ю людини.

Запаси поверхневих вод на території області розподіляються нерівномірно. Північна та центральна частини території характеризуються обмеженими запасами, а крайній південний захід, де є річки Дністер і Дунай, має великі запаси води. Майже всю прісну воду Одещини дають річки: Дунай – 40%, Дністер – 47% [2].

Взагалі, з охороною і раціональним використанням водних ресурсів склалося важке становище. Можна виділити, що однією з основних проблем виділяється забруднення підземних вод пестицидами, нітратами та нітритами, що потребує додаткових коштів на доочистку води. Поряд з цим відбувається значне спрацювання підземних горизонтів, виснаження запасів підземних вод, які забезпечують водою майже половину населення області.

Значна частина джерел забруднення ґрунтів справляє локальну дію, але деякі з них діють у регіональному й навіть у глобальному масштабі, особливо в разі забруднення через атмосферні опади або; внаслідок використання добрив на значних площах.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається переважно двома шляхами:

- поглинанням верхнім шаром ґрунту викидів промислових джерел в атмосферу;
- безпосереднім внесенням хімічних речовин у вигляді меліорантів, добрив, пестицидів, гербіцидів. У першому випадку математична модель істотно залежить від структури перенесення забруднень повітряним шляхом, висоти, потужності джерела забруднень і відстані від нього [4].

Моделювання одновимірного поля забруднення. Припустимо, що взаємодія домішок з поверхнею ґрунту здійснюється за законом:

$$\frac{\partial U}{\partial z} = \alpha U + \beta, \quad (1)$$

де допускається можливість проникнення і відкидання домішок.

Як вихідне рівняння моделі об'єкта було покладено:

$$L(x, y, z) = M_1 \delta(x) \delta(y) \delta(Z - H) + M_2 \delta(x) \delta(y) f(z), \quad (2)$$

де $L(x, y, z)$ – рівняння дифузії в тривимірному просторі; перший доданок характеризує джерело викидів на висоті H (домішки надходять через трубу); другий доданок — неорганізовані викиди заводу. Функція $f(z)$ може мати різний вигляд.

Коефіцієнти рівнянь (1) і (2) — випадкові функції метеофакторів, тому, беручи суму цих рівнянь з певними ваговими коефіцієнтами M_i , вибраними пропорційно часу дії метеорологічних умов i -го типу, «усереднені» рівняння також дістанемо у вигляді (1) або (2).

При переході в рівнянні (1) до скінченної різницевої форми:

$$U_{z+1} = aU_z + b \quad (3)$$

маємо, що концентрація речовини, поглинена снігом, пропорційна наземній концентрації.

Застосовуючи далі метод прямих до рівняння (3) для розрахунку забруднення за одновимірним профілем, дістанемо рівняння:

$$\frac{\partial}{\partial x} kx \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial x} + \alpha U(x) + f(x) = 0 \quad (4)$$

Для оцінки сумарного впливу джерела з метою визначення кількості домішок, що випадають на землю або на водну поверхню, застосовуються планшети з липкою або водною поверхнею.

Соціальні проблеми агроекології. в процесі впливу людського суспільства на природне середовище джерелами забруднення природи є не тільки промисловість і транспорт, а й сучасне сільськогосподарське виробництво з його високим рівнем хімізації.

Зміни природних умов унаслідок антропогенного впливу давно втратили локальний характер. За реальних умов життєдіяльності людина може потрапити під дію як кількох хімічних речовин, так і однієї речовини, що надходить в організм різними шляхами – з повітря, води, їжі. Це називають комплексним впливом ксенобіотиків, тобто речовин антропогенного походження. Комбінований і комплексний вплив ксенобіотиків, залежно від рівня їх вмісту в природних середовищах, оцінюється інтегральним показником, який дістав назву максимально допустимого навантаження. В основу цього поняття покладено оцінку середовища за окремими факторами, коли використовуються такі показники: гранично допустимі концентрації, гранично допустимі рівні, допустимі залишкові кількості тощо.

В умовах України проблеми агроекології є не тільки суто екологічними, а й найбільш болючими проблемами соціального захисту населення, збереження його генофонду.

Так, якщо на півдні України особливу небезпеку для здоров'я людей становлять залишкові кількості пестицидів, нітритів та хімічних забруднень у продуктах харчування, то в північних районах протягом десятиліть найбільшою соціально-екологічною проблемою є безпечне проживання населення міст і сіл на територіях, забруднених викидами Чорнобильської АЕС. Саме ця проблема пов'язана переважно з обмеженням надходження радіонуклідів з їжею та питною водою в організм людей. Оскільки пестициди та радіонукліди проникають із ґрунтів у рослини, а потім передаються по трофічному ланцюгу до людини, то моделювання поширення й розпаду цих шкідливих речовин дає змогу прогнозувати їх кількості і здійснювати контроль з метою обмеження їхнього впливу на людину, тобто через систему екологічних та санітарно-екологічних показників вирішувати соціальну проблему захисту населення.

Теоретичною моделлю розчинення, перенесення, поглинання й розпаду пестицидів у ґрунтах у разі одновимірного руху розчину в

пористому середовищі є рівняння дифузії:

$$m_0 \frac{\partial U}{\partial t} = D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - V \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial b}{\partial t} - \alpha U + f(x), \quad (5)$$

де $D = D_m + \lambda/V$ - дифузійна складова; α — коефіцієнт швидкості розпаду пестициду; U — концентрація пестициду в розчині; V — швидкість фільтрації;

$\frac{\partial b}{\partial t}$ — швидкість розчинення пестициду у воді; $f(x)$ — функція поглинання пестициду кореневою системою.

Для квазістаціонарного випадку, коли V не залежить від x і $m_0 = \text{const}$, швидкість фільтрації розраховується з умови:

$$\frac{\partial V}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \quad (6)$$

Кінетику процесу розчинення і розпаду можна описати рівнянням першого порядку:

$$\frac{\partial b}{\partial t} = v(U_m - U) - k_1 b \quad (7)$$

де k_1 , v — константи розпаду в твердій фазі (в сухих фунтах); U_m — концентрація насичення; b — концентрація пестициду в твердій фазі ґрунтів.

На сьогодні часто обмежуються розглядом «точкових» моделей, хоч таке спрощення може бути вкрай небезпечним: усереднюючи поведінку пестициду в просторі, тим самим не враховують можливість нагромадження його в окремих точках простору вище за норми гранично допустимих концентрацій [3].

Виходячи з механізму явищ, оснований на тому, що процес розкладу речовини в ґрунтах здійснюється пропорційно поточній концентрації цієї речовини, а весь комплекс факторів, що діє на зміну концентрації пестицидів і радіонуклідів у часі, виражається через усереднений коефіцієнт k , кінетику розпаду пестицидів можна описати рівнянням:

$$\frac{\partial U(t)}{\partial t} = -kU(t) \quad (8)$$

розв'язок якого має вигляд:

$$U(t) = U_0 e^{-kt} \quad (9)$$

де $U(t)$ — кількість пестициду на момент часу t , U_0 — початкова концентрація пестициду; k — константа швидкості реакції розпаду пестициду; t — час.

Основним параметром хімічної кінетики є швидкість її реакцій, що обчислюється як:

$$k = \frac{2,303}{t} \lg \frac{U_0}{U(t)} \quad (10)$$

Час деструкції пестициду характеризується періодом напіврозпаду.

Для компетентного добору найдоцільніших пестицидів необхідно користуватися зональною оцінкою їх відповідності конкретним умовам застосування. Серед багатьох схем комплексної класифікації пестицидів найбільш об'єктивною і всебічною є шкала М. С. Соколова і Б. Н. Стрекозова, які запропонували використовувати інтегральний критерій. Суть його полягає в тому, що екологотоксикологічні та гігієнічні показники (табл. 1) розглядаються як вхідні змінні x_i функцій $f(x_i)$ — класу небезпеки та міри класу $\mu(x_i)$, яка виражається в балах.

Таблиця 1

Шкала оціночних балів для рівнів небезпечності пестицидів [5]

Екологотоксико логічні та гігієнічні показники x_i	Клас небезпечності, $f_i(x_i)$	Характеристика класу	Оціночний (бал)
1	2	3	4
Персистентність у ґрунті	1	До 1 місяця	2
	2	1...6 місяців	4
	3	0,5...2 роки	6
	4	Понад 2 роки	8
Дія на ґрунтові ферментативні процеси й біоту	1	Не впливає	0
	2	Діє на одиничні процеси і популяції	1
	3	Діє на кілька процесів і популяцій	2
Транслокація в культурні рослини	1	Не надходить у рослини	0
	2	Надходить, але негативно не діє	1
	3	Надходить у продукти врожаю	
	4	Проявляє фітотоксичну дію	3
Міграція за ґрунтовим профілем, см	1	Не мігрує	0
	2	Мігрує на відстань: до 15	1
	3	до 50	2
	4	понад 50	3
Реакція на інсоляцію	1	Піддається фотохімічному розкладу	0
	2	Не піддається	1

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4
ДЗК* для	1	1	0

продуктів урожаю, мг/кг	2	1...0.1	1
	3	0,1...0,01	2
	4	0,01	3
	5	0	4
Порогова концентрація у питній воді, мг/л	1	0,1	0
	2	0,1...0,01	1
	3	0,01...0,001	2
Дія на органолептичні якості продуктів урожаю	1	Не погіршує	0
	2	Погіршує	1
Леткість	1	Нелетка речовина	0
	2	Насичувальна концентрація нижче від порогової	1
	3	Насичувальна концентрація дорівнює пороговій	2
	4	Насичувальна концентрація дорівнює токсичній	3

Згідно з даною класифікацією пестициди належать до однієї з трьох груп небезпечності за комплексом факторів, а саме:

$$F\left(\sum_{i=1}^N \mu(x_i)\right) \left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ (малонебезпечні),} \quad \text{якщо } \sum_{i=1}^N \mu(x_i) \leq 13 \\ 2 \text{ (середньонебезпечні),} \quad \text{якщо } 13 < \sum_{i=1}^N \mu(x_i) \leq 21 \\ 1 \text{ (небезпечні),} \quad \text{якщо } \sum_{i=1}^N \mu(x_i) > 21 \end{array} \right. \quad (11)$$

Для того щоб не допустити вмісту пестицидів, вищого за ДЗК, треба враховувати час від початку обробки до запланованого строку збирання врожаю і застосовувати препарати, період детоксикації яких менший від гігієнічного нормативу часу розпаду пестициду до безпечних концентрацій. Нагромадження пестицидів в об'єктах навколишнього середовища не буде допущено, якщо застосовувати пестициди з таким розрахунком, аби нові надходження їх у ґрунт і рослини не перевищували темпів їхнього хімічного й біологічного розпаду.

Особливо жорсткі вимоги слід виконувати під час добору пестицидів на зрошуваних землях та в рисових сівозмінах, де забороняється скидання дренажних вод у водоймища, якщо вміст пестицидів перевищує ГДК.

Санітарними правилами заборонено застосування всіх пестицидів на

відстані до 300 м від водоймищ санітарно-побутового використання; залежно від нахилу сільськогосподарських полів у бік водоймища захисна зона збільшується до 500 м.

Накопичення важких металів рослиною розглядається в залежності від утримання рухомих форм важких металів у ґрунті. Швидкість надходження важких металів у рослину описується формулою:

$$\frac{\Delta A_q^{\text{погл(о)}}}{\Delta t} = \frac{86,4 \alpha_q^{\text{погл}} \bar{A}_q^{\text{почв}} m_r^j}{a_r} \quad (12)$$

де $\frac{\Delta A_q^{\text{погл}}}{\Delta t}$ – швидкість поглинання важких металів корінням рослини, $\text{мг м}^{-2} \text{доб}^{-1}$; $\alpha_q^{\text{погл}}$ – поглинальна здібність кореню, мс^{-1} ; $\bar{A}_q^{\text{почв}}$ – концентрація рухомих форм g -го виду важких металів у ґрунті, мг кг^{-1} ; a_r – радіус кореню, см; q – вид важкого металу.

У зв'язку з можливим підвищенням рівню антропогенного забруднення ґрунту та рослин важкими металами врахуємо їх фітотоксичний вплив за допомогою коефіцієнту фітотоксичності $K_{\text{вм}}$, визначеного за принципом Лібіха з великої кількості коефіцієнтів фітотоксичності кожного виду важких металів:

$$K_{\text{м.М}}^j = \min \{ K_q^j \} \quad q \in \text{Cd, Cu, Hg, Pb, Sr, Zn} \quad (13)$$

кожний з яких визначається з виразу:

$$K_q^{\text{кр}j} = 1 - \left(\frac{\mu A_q}{A_q^{\text{кр}2} - A_q^{\text{кр}1}} \right) \cdot A_q^{\text{рос}(j)} \quad (14)$$

де μA_q – зниження продуктивності рослин в інтервалі критичних величин концентрації важких металів у рослині $A_q^{\text{лз}1}$ и $A_q^{\text{лз}2}$ (мг кг^{-1}).

Навіть в незначних концентраціях пестициди пригнічують імунну систему організму, та таким чином підвищує його чутливість до інфекцій [3]. Ступінь шкідливого впливу залежить також від технології застосування хімічних засобів, способів і кратності обробки ґрунту або

рослин. В ґрунті протікає ряд процесів, що зменшують вміст у ньому агрохімікатів. Це біохімічне руйнування препаратів, перехід у рослину, випаровування в атмосферу, винос поверхневим і внутрішньогрунтовым стоком, фотохімічне руйнування, поглинання і трансформація ґрунтовими організмами. Сукупність цих процесів визначає стабільність агрохімікатів у ґрунті.

Сучасні економічні проблеми використання пестицидів пов'язані з фінансуванням розробки вітчизняних методик та дослідженням властивостей імпортованих, а також з фінансуванням розробки вітчизняних технічних засобів застосування ХЗЗР та дослідженням технічних якостей імпортованих засобів. Крім того, до них належать мінімізація витрат на зберігання і транспортування пестицидів за умови максимального зниження ризику для навколишнього середовища. На наш погляд, говорячи про різні форми еколого-економічних інструментів, варто пам'ятати про певну умовність, яка обумовлена рядом обставин.

По-перше, різні форми еколого-економічних інструментів є в основному варіаціями двох основних видів впливу на економічні інтереси суб'єктів господарської діяльності: податкового, що є вилученням доходу, і дотаційного, що є прямою чи непрямою передачею доходу. Зокрема, будь-які види платежів можуть кваліфікуватися як деякі форми податку, а будь-які види пільг як приховані форми дотацій чи субсидій. По-друге, віднесення еколого-економічного інструмента до тієї чи іншої форми пов'язано не стільки з видом передачі чи вилучення доходу, скільки з організаційною процедурою його здійснення. Саме тому згідно Стратегії національної екологічної політики України на період до 2020 року серед основних заходів щодо посилення дієвості економічних інструментів реалізації мінімізації негативного впливу пестицидів на довкілля передбачають:

- удосконалення нормативно-розрахункової бази і порядку сплати податку на екологічно шкідливу продукцію з урахуванням існуючих недоліків та відповідно до принципу «платить забруднювач»;
- реформування методики відшкодування заподіяної шкоди і обчислення штрафів відповідно до їх економічної суті як запобіжного інструменту щодо нераціонального природокористування;
- розширення бази оподаткування забруднюючих речовин і екологічно небезпечної продукції, враховуючи досвід країн – членів ЄС/ОЕСР [6].

Висновки. Для захисту довкілля від негативного впливу пестицидів необхідно дотримуватися всіх регламентів щодо застосування пестицидів: норм внесення, строків, способів внесення, також необхідно суворо дотримуватися ГДК препарату у продукції, ґрунті, воді, робочій зоні застосування препарату. Більш глибоке вивчення біологічних процесів, пов'язаних з вирощуванням сільськогосподарських культур за сучасного рівня землеробства, дослідження популяційної динаміки шкідливих і корисних організмів, вдосконалення тактики боротьби за рахунок повнішого використання агротехнічного методу, стійких сортів,

біологічних засобів дасть можливість скоротити застосування пестицидів і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Удосконалення економічного регулювання нераціонального застосування пестицидів, в свою чергу, дозволить забезпечити належний рівень екологічної безпеки регіону та посилити рівень його конкурентоспроможності в національному вимірі.

Література

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області за 2010 р. / Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Одеській області. – Одеса, 2011 р. 180 с.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища, 2008. – 254 с.
3. Врочинский К. К. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. -К.: Вища школа, 1979. -208 с.
4. Курдюков В.В. Последствие пестицидов на растительные и животные организмы. -М.: Колос, 1982. -128 с.
5. Охрана окружающей среды при использовании пестицидов / Под ред. В. П. Васильева. — К.: Урожай, 1983. — 127 с.
6. Стратегія національної екологічної політики на 2010-2020 роки [Електронний ресурс]. – Адреса доступу до сторінки – http://www.ueplac.kiev.ua/downloads/outputs/output_00331.pdf

Abstract

Karpenko O.O., Muravkina M.O.

Assessment of ecological & tconomic consequences of ineffective use of pesticides on regional level

The thesis considers the current state of the use of pesticides and their negative impact on the environment, namely the pollution of soil and groundwater. The model of human exposure to pesticides.