

УДК: 614.777:556.3/.5:632.95]-047.36

DOI: [https://doi.org/10.32345/USMJ.3\(164\).2026.51-58](https://doi.org/10.32345/USMJ.3(164).2026.51-58)

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПЕСТИЦИДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ

Дар'я С. Стахова¹, Ольга С. Білоус¹, Tomasz Bochenek²,Анатолій М. Гринзовський¹

1 – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

2 – Інститут громадського здоров'я, Ягеллонський університет, м. Краків, Польща

РЕЗЮМЕ

Вступ. Забруднення поверхневих і підземних вод пестицидами залишається однією з актуальних екологічних та медико-санітарних проблем у регіонах з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом, оскільки міграція засобів захисту рослин у водне середовище створює ризики для здоров'я населення, погіршує якість питної води та негативно впливає на водні екосистеми.

Мета. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення ризик-орієнтованого підходу до пріоритезації моніторингу пестицидів у водних об'єктах на основі комплексної оцінки їх екотоксикологічних характеристик, фізико-хімічних властивостей та гігієнічних показників безпеки.

Матеріали та методи. Інформаційну основу становили публікації з баз даних Scopus і Web of Science, нормативно-правові документи України та результати їх системного, порівняльного й бібліосемантичного аналізу. У роботі використано результати натурних досліджень, дані щодо фізико-хімічних властивостей, токсикологічних характеристик та еколого-гігієнічних показників діючих речовин пестицидів. При оцінці враховували показники стійкості речовин у навколишньому середовищі, здатність до міграції у водне середовище, клас небезпечності, допустиму добову дозу та потенційний вплив на здоров'я населення. Для інтегральної оцінки застосовано бальний підхід, що дозволив ранжувати досліджувані речовини за ступенем небезпеки та визначити доцільність проведення моніторингових досліджень.

Результати. За результатами проведеної комплексної оцінки встановлено, що найбільший ризик забруднення водних об'єктів та потенційного негативного впливу на здоров'я населення становлять фунгіциди дифеноконазол, азоксистробін, пенконазол, флуксапіроксад і металаксил-М, гербіциди S-метолахлор та гліфосат, а також інсектицид абамектин. Саме ці діючі речовини рекомендовано включити до категорії пріоритетних об'єктів обов'язкового моніторингу у воді.

Висновки. Запропонований підхід дозволяє оптимізувати систему моніторингу, підвищити ефективність управління ризиками для здоров'я населення і довкілля та раціонально розподіляти ресурси лабораторного контролю. Отримані результати формують підґрунтя для гармонізації національної системи екологічної безпеки з європейськими стандартами та вдосконалення превентивних заходів.

Ключові слова: пестициди; моніторинг довкілля; хімічне забруднення води; оцінка ризику; якість води; надзвичайні ситуації; вплив факторів довкілля.

ВСТУП

Проблема забруднення водних ресурсів залишковими кількостями пестицидів є однією з актуальних екологічних та санітарно-гігієнічних проблем сучасності. Хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР), що широко застосовуються у сільському господарстві, можуть потрапляти у поверхневі та підземні води внаслідок поверхневого стоку з оброблених полів, міграції через ґрунтовий профіль або неналежного поводження з препа-

ратами під час транспортування, зберігання чи утилізації. Навіть у низьких концентраціях пестициди можуть тривалий час зберігатися у водному середовищі, накопичуватися у донних відкладах і водній біоті та чинити негативний вплив на функціонування водних екосистем і здоров'я населення. Основними шляхами потрапляння пестицидів у водні об'єкти є поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, ерозійні процеси ґрунту, а також їх міграція

через ґрунтовий профіль у підземні води [1, 2]. Державний контроль стану поверхневих і підземних вод в Україні здійснюється в межах системи моніторингу довкілля відповідно до національних вимог у сфері охорони водних ресурсів. Об'єктами моніторингу є масиви поверхневих і підземних вод, у тому числі водні об'єкти, що використовуються для питного та господарсько-побутового водопостачання. Програма державного моніторингу вод передбачає проведення діагностичного, операційного та дослідницького моніторингу у різних басейнах річок України [3]. Водна Стратегія України до 2050 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів № 1134-р, спрямована на стале управління водними ресурсами, європейську інтеграцію та безпеку. Однією із її цілей є створення інноваційної системи моніторингу: впровадження сучасної системи моніторингу вод, що відповідає європейським стандартам, для прийняття обґрунтованих управлінських рішень [4]. Водночас сучасна система моніторингу залишкових кількостей пестицидів у воді має низку обмежень. Зокрема, існуючі методики контролю не завжди охоплюють нові діючі речовини пестицидів, які з'являються на ринку засобів захисту рослин, що призводить до неповноти інформації щодо їх присутності у водному середовищі. Крім того, недостатня кількість пунктів контролю та невисока частота відбору проб у районах інтенсивного сільськогосподарського виробництва ускладнюють своєчасне виявлення забруднення водних об'єктів. Одним із перспективних напрямків удосконалення системи контролю якості води є застосування ризик-орієнтованого підходу до моніторингу пестицидів, який передбачає визначення пріоритетних діючих речовин для контролю у водних об'єктах залежно від їх фізико-хімічних властивостей, обсягів застосування та потенціалу

міграції у водне середовище. Такий підхід широко використовується у міжнародній практиці для оптимізації програм моніторингу якості води та підвищення ефективності екологічного контролю [5].

МЕТА

Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення ризик-орієнтованого підходу до пріоритезації моніторингу пестицидів у водних об'єктах на основі комплексної оцінки їх екотоксикологічних характеристик, фізико-хімічних властивостей та гігієнічних показників безпеки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Матеріалами дослідження слугували наукові публікації у вітчизняних та міжнародних базах даних, нормативно-правові документи у сфері охорони водних ресурсів та застосування пестицидів, а також інформаційні ресурси державних органів України щодо системи моніторингу водних об'єктів. У процесі дослідження використано бібліосемантичний метод, метод системного аналізу, порівняльний аналіз та узагальнення наукових даних. На основі узагальнення отриманих результатів сформульовано науково обґрунтовані пропозиції щодо вдосконалення системи моніторингу залишкових кількостей пестицидів у водних об'єктах питного та господарсько-побутового призначення. Інформаційною базою дослідження стали публікації міжнародних організацій (WHO, FAO, EPA), наукові статті з баз даних Scopus та Web of Science, а також нормативні документи України щодо державного моніторингу вод. Основні етапи та методи дослідження наведено в таблиці 1.

Для розробки, калібрування та верифікації моделі прогнозування використано масив натурних досліджень, що включає 486 проб ґрунту, відібраних у різних ґрунтово-кліма-

Таблиця 1. Дизайн дослідження оцінки ризику потрапляння пестицидів у водні об'єкти

Напрямок дослідження	Характеристика дослідження	Використані підходи	Обсяг дослідження
Оцінка потенційного ризику забруднення підземних і поверхневих вод	Досліджено фунгіциди, гербіциди та інсектициди на основі 16 діючих (ципродиніл, флудіоксоніл, фенгексамід, азоксистробін, дифеноконазол, ципродиніл, флудіоксоніл, боскалід, піраклостробін, пенконазол, металаксил-М, флудіоксоніл, азоксистробін, металаксил-М, дифеноконазол, флуксапіроксад, металаксил-М, хлорокис міді, пендиметалін, S-метолахлор, гліфосат, спіродиклофен, абамектин) речовин, рекомендованих для застосування у системах захисту ягідних та баштаних культур	Розрахунок показника SCI-GROW; оцінка ризику міграції пестицидів у водне середовище; визначення інтегрального показника небезпечності потрапляння у воду (ІПНВ)	486 проб ґрунту; 16 розрахунків SCI-GROW; 25 оцінок ризику; 50 інтегральних оцінок

тичних зонах України. Зразки відбирали з верхнього шару ґрунту (завтовшки 10 см) із контрольних оброблених ділянок у першу годину після внесення препаратів, а надалі – у динаміці за ключовими фазами вегетації сільськогосподарських культур до моменту збору врожаю відповідно до протоколів. Лабораторну пробопідготовку та аналітичні визначення залишків пестицидів здійснювали за допомогою хроматографічних та спектрометричних методів (ГРХ, ВЕРХ, ААС) із дотриманням стандартних процедур внутрішнього лабораторного контролю якості. Межі кількісного визначення (МКВ) для досліджуваних діючих речовин у ґрунті становили від 0,005 до 0,1 мг/кг відповідно до чинних офіційно затверджених методичних указівок (МВ) з визначення мікрокількостей пестицидів у ґрунті.

Для оцінки концентрації у підземних водах використовували скринінг-модель SCI-GROW (програмне забезпечення SG2.3), яка на основі вхідних регламентних параметрів (норма витрати, кратність внесення, період напіврозпаду T_{50} у ґрунті та коефіцієнт сорбції органічним вуглецем K_{oc}) розраховує потенційну концентрацію 16 діючих речовин. Для оцінки потенційної міграції пестицидів у ґрунтові води розраховували індекс GUS за формулою: $GUS = \log(T_{50}) \times (4 - \log(K_{oc}))$, де T_{50} – період напіврозпаду у ґрунті (діб), а K_{oc} – коефіцієнт сорбції органічним вуглецем. Інтерпретацію здійснювали за стандартною шкалою: $GUS < 1,8$ – низька міграція; $1,8-2,8$ – помірна; $> 2,8$ – висока.

РЕЗУЛЬТАТИ

На основі проведених досліджень та узагальнення отриманих даних обґрунтовано систему критеріїв оцінки небезпечності пестицидів, яка включає токсикологічні показники (допустима добова доза, клас небезпечності, ендокринна активність) та екологічні характеристики (розчинність у воді, період напіврозпаду, коефіцієнт сорбції, показники міграційної здатності). Запропоновано ризик-орієнтований підхід до визначення необхідності проведення моніторингу, який базується на бальній оцінці кожного критерію з подальшим сумуванням параметрів токсикологічної небезпеки і водної небезпеки. Інтерпретацію результатів здійснювали за сумарною кількістю набраних балів, що дозволяло визначити доцільність проведення моніторингових досліджень у водних об'єктах. Значення від 0 до 11 балів свідчили про низьку потребу у моніторингу, 12–20 балів – про доцільність його проведення, 21–28 балів – про необхідність обов'язкового контролю, тоді як значення понад 28 балів вказували на дуже високий пріоритет моніторингу та необхідність поглибленої оцінки ризику (табл. 2).

До пріоритетних діючих речовин, що потребують обов'язкового моніторингового контролю у водних об'єктах, віднесено дифеноконазол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат та абамектин. Встановлено, що зазначені речовини характеризуються сукупністю властивостей, які обумовлюють їх потенційну здатність до потрапляння у водні об'єкти.

У таблиці 3 наведено діючі речовини, для яких проведення моніторингу у воді на пост-реєстраційному етапі є обов'язковим та бажаним. Для флудіоксонілу, ципродинілу, фенгексаміду, боскаліду, піраклостробіну, хлорокису міді, пендиметаліну та спіродиклофену встановлено доцільність проведення моніторингових досліджень.

Таблиця 2. Система бальної оцінки небезпечності пестицидів при моніторингу пестицидів у воді

Блок критеріїв	Показник (одиниці виміру)	1 бал	2 бали	3 бали	4 бали
Токсикологічна небезпека	ДДД (мг/кг)	>0,02	0,0051–0,02	0,0021–0,005	≤0,002
	Клас безпеки (ДСанПіН 8.8.1.002-98)	4	3	2	1
	Ендокринний дизраптор	НВ	СЕ	ВЕ	НВЕ
Водна небезпека	Розчинність (S_w , мг/л)	<1	1–100	100–10000	>10000
	Період напіврозпаду (t_{50} , діб) у воді	<5	5–10	11–30	>30
	Індекс GUS	0	0–1,8	1,8–2,8	>2,8
Інтегральні оцінки	Ризик для населення при споживанні ґрунтових вод (ГВ)	≤1	>1	–	–
	ІПНВ (бали)	≤4	5–6	7–8	≥9
	Коефіцієнт K_{oc}	>4000	500–4000	15–499	<15

Примітка: НВ – не впливає; СЕ – слабкий ефект; ВЕ – виражений ефект; НВЕ – надзвичайно виражений ефект; КН – клас небезпечності; ДДД – допустима добова доза.

Таблиця 3. Пріоритетність моніторингу діючих речовин пестицидів у водних об'єктах

Група	Препарат	Діюча речовина	Інтегральний показник	Рівень пріоритетності моніторингу
Фунгіциди	Амістар Голд	дифеноконазол	23	*
		азоксистробін	21	*
	Апрон	металаксил-М	24	*
	Юніформ	азоксистробін	21	*
		металаксил-М	25	*
	Ридоміл Голд	металаксил-М	25	*
	Серкадіс Плюс	дифеноконазол	22	*
		флуксапіроксад	21	*
	Топаз	пенконазол	23	*
	Кітч	флудіоксоніл	19	**
		ципродиніл	19	**
	Світч	флудіоксоніл	19	**
		ципродиніл	19	**
	Тринол	фенгексамід	17	**
	Сігнум	боскалід	18	**
		піраклостробін	16	**
Гербіциди	Максим	флудіоксоніл	18	**
	Ридоміл Голд	хлорокис міді	18	**
	Дуал Голд	S-метолахлор	24	*
	Герболекс	гліфосат	23	*
Інсектициди	Стомп Аква	пендиметалін	18	**
	Вертімек	абамектин	22	*
	Протект	спіродиклофен	15	**

Примітка: * – обов'язковий моніторинг; ** – рекомендований (помірний пріоритет) моніторинг.

джень, що пов'язано з помірними показниками водної небезпеки та потенційним ризиком контамінації поверхневих і підземних вод. Отримані результати стали основою для розробки алгоритму прийняття рішень щодо необхідності проведення моніторингових заходів для пестицидів у водному середовищі. При формуванні системи критеріїв оцінки небезпечності пестицидів враховували сучасні наукові підходи та методичні рекомендації, наведені у джерелах [6-13]. На рисунку 1 представлено концептуальну модель ризик-орієнтованої оцінки пестицидів з урахуванням їх потенційного впливу на водне середовище.

ОБГОВОРЕННЯ

Моніторинг залишкових кількостей пестицидів у воді має важливе значення не лише для екологічної безпеки, але й для системи реагування на надзвичайні ситуації хімічного походження. Своєчасне виявлення підвищених концентрацій пестицидів дозволяє органам цивільного захисту та медичним службам оперативно оцінити ризик

виникнення гострих отруєнь серед населення та розробити алгоритми надання домедичної допомоги постраждалим (рисунк 2). Слід зазначити, що рутинний постреєстраційний моніторинг залишкових кількостей пестицидів у воді та оперативно-тактичне реагування на гострі хімічні надзвичайні ситуації мають різну мету та часові горизонти. Рутинний моніторинг спрямований на довгострокову оцінку хронічної експозиції, виявлення тенденцій міграції та контролю безпеки питних джерел. Водночас результати систематичного моніторингу формують емпіричну базу для предиктивного моделювання (зокрема з використанням геоінформаційних платформ), що дозволяє прогнозувати зони підвищеного ризику та заздалегідь активувати заходи цивільного захисту в разі аварійних скидів пестицидів або аварійних ситуацій в агросекторі. Таким чином, моніторинг виступає інструментом раннього попередження, який інтегрує превентивну гігієнічну оцінку з протоколами реагування на надзвичайні події.

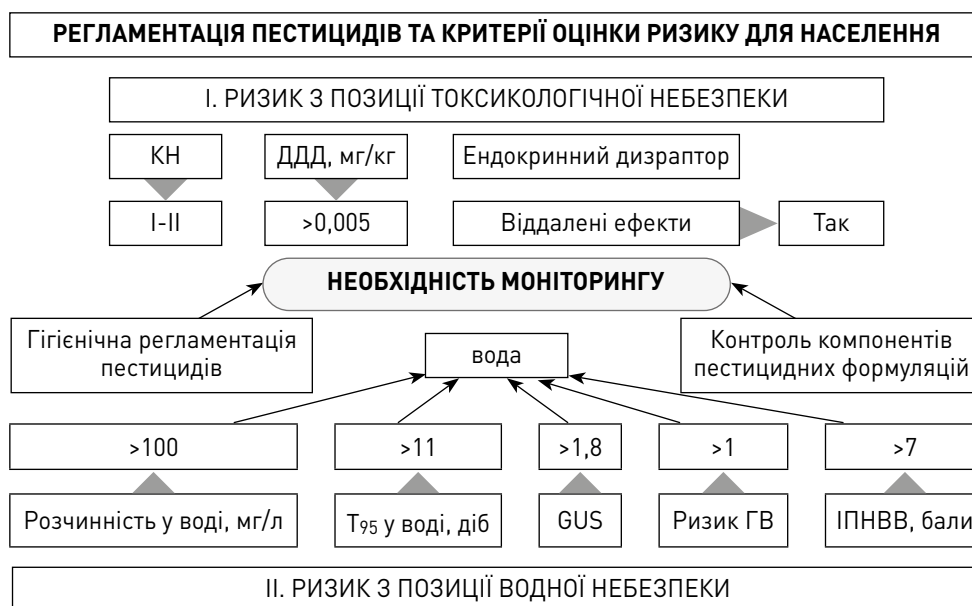


Рис. 1. Ризик-орієнтований алгоритм обґрунтування необхідності моніторингу пестицидів у поверхневих та підземних водах.

Примітки: КН – клас небезпечності, ДДД – допустима добова доза; ГВ – ґрунтові води; Т95 – період руйнації пестициду на 95%, діб; ІПНБВ – інтегральний показник небезпечності при вживанні води; GUS – індекс потенційного вимивання.

Моніторинг пестицидів у воді не має обмежуватися лише лабораторним аналізом проб. Інтеграція з геоінформаційними сервісами (Copernicus EMS, EDO) дозволяє накладати результати хімічного моніторингу на карти гідрологічної мережі. Це допомагає прогнозувати шляхи поширення забруднення після злив чи повеней, коли ризик вимивання пестицидів із полів у водні об'єкти є максимальним. Використання таких інструментів є важливим для вдосконалення системи моніторингу довкілля та підвищення ефективності реагування на загрози [5]. Впровадження подібних підходів в Україні сприятиме гармонізації національної системи моніторингу довкілля з європейськими стандартами.

Ризик-орієнтований підхід до моніторингу якості води відповідає сучасним міжнародним тенденціям, що базуються на принципі пріоритезації забруднювачів залежно від їх потенційної небезпеки. Такі підходи активно

впроваджуються World Health Organization та European Commission, які рекомендують перехід від універсального контролю до цільового моніторингу пріоритетних речовин. Запропонована методологія дозволяє адаптувати систему моніторингу до регіональних умов сільськогосподарського використання пестицидів. Встановлена роль фізико-хімічних властивостей, зокрема стійкості та мобільності діючих речовин, узгоджується з сучасними європейськими підходами до оцінки екологічного ризику пестицидів, де ключове значення мають показники DT_{50} , Кос та індекс GUS.

У країнах Європейського Союзу оцінка ризику забруднення водних ресурсів пестицидами здійснюється в межах регуляторних процедур, гармонізованих із вимогами European Food Safety Authority та European Commission, з використанням моделей прогнозування міграції. На відміну від цього, в Україні система моніторингу вод орієнтована переважно на

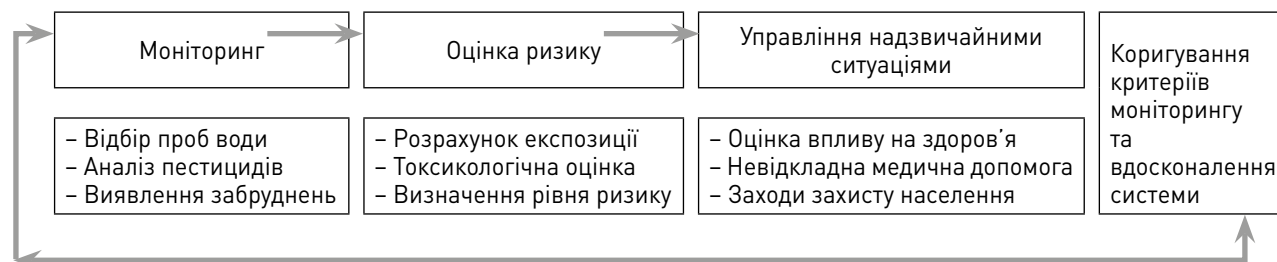


Рис. 2. Алгоритм ризик-орієнтованого моніторингу пестицидів та реагування на надзвичайні ситуації

фіксацію вже наявного забруднення та не в повній мірі враховує прогностні показники поведінки пестицидів у навколишньому середовищі, що обмежує можливості своєчасного попередження екологічних ризиків і зниження потенційного негативного впливу на здоров'я населення. Запропонований у даній роботі ризик-орієнтований підхід до відбору пріоритетних діючих речовин для моніторингу фактично імплементує елементи європейської практики, поєднуючи токсикологічні та екологічні критерії в єдину систему оцінки. Це дозволяє перейти від суто описового моніторингу до науково обґрунтованого прогнозування ризиків забруднення водних ресурсів.

Отримані результати щодо визначення пріоритетних речовин (дифенокназол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат, абамектин) узгоджуються з європейськими дослідженнями, в яких ці сполуки розглядаються як потенційно небезпечні для водного середовища через їх стійкість, мобільність або високу частоту застосування. Зокрема, у практиці ЄС особлива увага приділяється речовинам із підвищеним потенціалом вимивання та здатністю до тривалого збереження у воді, що відповідає отриманим у даній роботі висновкам. Водночас в умовах України ризик забруднення вод може бути вищим порівняно з окремими регіонами ЄС, що обумовлено відмінностями у ґрунтово-кліматичних умовах, структурі сільськогосподарського виробництва, а також рівнем дотримання регламентів застосування пестицидів. Це підкреслює необхідність адаптації європейських підходів до національних умов, а не їх прямого перенесення. Запропонована система бальної оцінки дозволяє обґрунтовано

визначати доцільність проведення моніторингу для конкретних діючих речовин, що відповідає сучасній концепції “risk-based monitoring”, яка активно впроваджується у країнах ЄС. Такий підхід забезпечує більш ефективне використання ресурсів системи моніторингу та підвищує ймовірність виявлення пріоритетних забруднювачів.

Отримані результати узгоджуються з вимогами щодо безпеки пестицидів на ринку ЄС, зокрема відповідно до Регламенту (ЄС) № 1107/2009 [14].

Таким чином, отримані результати не лише доповнюють існуючі наукові дані щодо поведінки пестицидів у навколишньому середовищі, але й формують наукове підґрунтя для переходу до ризик-орієнтованої моделі моніторингу вод в Україні, що є важливим кроком у напрямку європейської інтеграції системи екологічної безпеки.

ВИСНОВКИ

Розроблено модель ризик-орієнтованого контролю пестицидів на ягідних та баштанних культурах та визначено перелік пріоритетних речовин (дифенокназол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат, абамектин), обов'язкових для моніторингу у воді через високий міграційний ризик. Обґрунтовано доцільність інтеграції такого контролю у систему цивільного захисту для мінімізації наслідків хімічних надзвичайних ситуацій. Визначено, що перспективним напрямом подальших досліджень та практичного впровадження є адаптація європейських інструментів (Copernicus EMS, EFAS, EDO), що у перспективі сприятиме гармонізації вітчизняного моніторингу зі стандартами ЄС та підвищить ефективність управління хімічними ризиками в агросекторі.

Пристатейні розділи

Перспективи майбутніх досліджень. Розробка та наукове обґрунтування алгоритмів надання домедичної допомоги постраждалим у разі гострих отруєнь пестицидами.

Обмеження дослідження. Подальші польові дослідження мають включати розширений аналітичний контроль продуктів трансформації та специфічних метаболітів діючих речовин (зокрема АМРА), що стане наступним етапом практичної реалізації розробленої моделі. До обмежень запропонованої скринінгової моделі слід віднести те, що вона першочергово базується на характеристиках небезпеки речовин, тоді як динамічні регіональні обсяги застосування можуть розглядатися в рамках наступних етапів поглибленого моніторингу.

Первинні дані та матеріали. Автори рукопису свідомо засвідчують, що первинна медична документація (історії хвороби, амбулаторні картки, протоколи обстежень, результати лабораторних та інструментальних досліджень конкретних пацієнтів) та статистичні бази даних у роботі не використовувалися.

Етика дослідження. Дослідники дотримувалися всіх протоколів і процедур, передбачених Комітетом з етики біомедичних досліджень, а також вимог законодавства України у сфері охорони здоров'я та положень Declaration of Helsinki (2000).

Декларація використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту в підготовці цієї роботи не використовувалися.

Фінансування. Дослідження було проведено на кафедрі медицини надзвичайних ситуацій та тактичної медицини (державний реєстраційний номер 0125U000930; термін виконання: 2025-2027).

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів, пов'язаних із підготовкою, проведенням та публікацією цього дослідження. Жоден із авторів не має фінансових, комерційних або інших особистих відносин, які могли б вплинути на інтерпретацію результатів. Дослідження виконано відповідно до принципів академічної доброчесності та об'єктивності. Усі автори погодили остаточну версію рукопису.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

Daria S. Stakhova – B, C, D

* Olha S. Bilous – A, B, C, D

ORCID: 0000-0003-2230-9642

Tomasz Bochenek – E, F

ORCID: 0000-0001-9915-7267

Anatolii M. Hryniovskyi – A D E F

ORCID: 0000-0002-8391-5294

*Corresponding author: bil_os@ukr.net

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль В.В., Наталочка В.О., Міненко О.В. Динаміка залишкових кількостей пестицидів у водах сільськогосподарського призначення в умовах Полтавщини. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011;(1):22-26. <http://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/01/22.pdf>
2. Подуст А.О., Кондратюк М.В. Удосконалення системи моніторингу залишкових кількостей пестицидів у водних об'єктах питного та господарсько-побутового призначення: науково обґрунтовані підходи до забезпечення екологічної безпеки. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини»; 2025; Київ, Україна. 202-204. <http://ir.library.nmu.com/bitstream/123456789/15379/1/19032543.pdf>
3. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. Наказ від 27 січня 2026 року № 1250 Про затвердження Програми державного моніторингу вод. <https://me.gov.ua/LegislativeActs/List?lang=uk-UA&id=7eb8c335-c82a-4928-93aca2cafc359d5&tag=NormativnoPravoviAktiUSferiUpravlinniaVodnimiResursami>
4. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 9 грудня 2022 р. № 1134-р Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року. Редакція від 06.01.2026. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
5. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. 2023. https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
6. Ваврієвич О.П., Антоненко А.М., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Новохацька О.О. Модель комплексної оцінки ризику негативного впливу на організм людини пестицидів при їх вимиванні з ґрунту у ґрунтові води. Інформаційний лист № 191-2019. Київ; 2019. 4 с.
7. Антоненко А.М., Ваврієвич О.П., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Шпак Б.І. Модель оцінки ризику забруднення ґрунтових і поверхневих вод пестицидами та прогнозування небезпеки при їх потрапленні в організм людини з водою. Інформаційний лист № 192-2019. Київ; 2019. 4 с.
8. Білоус О.С., Ваврієвич О.П. Рекомендації щодо ризик-орієнтованого підходу до обґрунтування стандартів безпечного застосування пестицидів для захисту ягідних та баштанних культур. Інформаційний лист про нововведення в сфері охорони здоров'я. Київ: Рішення вченої ради Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Протокол № 2 від 27.09.2023 р.
9. Антоненко А.М., Ваврієвич О.П., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Борисенко А.А. Гігієнічне обґрунтування критеріїв відбору для проведення моніторингу пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах та ґрунті на прикладі фунгіцидів. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2019;9(3):104-108. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.19.3.104>
10. Antonenko A., Vavrinevich O., Omelchuk S., Shpak B., Bardov V., Novohatska O., Zinchenko T., Tkachenko S. Substantiation of necessity for monitoring in the environmental objects of avermectin insecticides considering their possible impact on the thyroid gland. Public Health Forum. 2019;13(1):59.
11. Antonenko A.M., Vavrinevych O.P., Omelchuk S.T., Shpak B.I., Korshun M.M. Improvement of the monitoring system in the environment of pesticides affecting thyroid gland. Довкілля та здоров'я. 2019;4(93):13-17. <https://doi.org/10.32402/dovkil2019.04.012>
12. Ваврієвич О.П. Удосконалення системи моніторингу різних груп та хімічних класів пестицидів у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового використання. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні проблеми сфери життєдіяльності людини»; 2020; Київ, Україна.
13. Сирота А.І., Омельчук С.Т., Ваврієвич О.П. Гігієнічне обґрунтування критеріїв відбору лімітуючих компонентів при застосуванні препаратів з діючими речовинами однонаправленої дії. In: International scientific and practical

conference “New trends and unresolved issues of preventive and clinical medicine”; 2020 Sep 25-26; Lublin, Republic of Poland. Part 2. Lublin; 2020. p. 212-215.

14. Pesticide safety on the EU market. (n.d.). EUR-Lex. Retrieved August 15, 2026, from <https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/summary/pesticide-safety-on-the-EU-market.html>

JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR RISK-BASED MONITORING OF PESTICIDES IN SURFACE AND GROUNDWATER

Daria S. Stakhova¹, Olha S. Bilous¹, Tomasz Bochenek², Anatolii M. Hryniovskyi¹

1 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

2 – Institute of Public Health, Jagiellonian University, Krakow, Poland

ABSTRACT

Introduction. Pollution of surface and groundwater with pesticides remains one of the pressing environmental and public health problems in regions with intensive agricultural production, as the migration of plant protection products into the aquatic environment poses risks to human health, degrades drinking water quality, and adversely affects aquatic ecosystems.

Aim. The aim of the study is to scientifically substantiate and develop a risk-based approach to prioritizing pesticide monitoring in water bodies based on a comprehensive assessment of their ecotoxicological characteristics, physicochemical properties, and hygienic safety indicators.

Materials and Methods. The information base consisted of publications from the Scopus and Web of Science databases, regulatory legal documents of Ukraine, and the results of their systemic, comparative, and bibliosemantic analysis. The study utilized field research findings, data on physicochemical properties, toxicological characteristics, and ecological-hygienic indicators of active pesticide substances. The evaluation accounted for indicators of substance persistence in the environment, migration capacity into the aquatic environment, hazard class, acceptable daily intake, and potential impact on public health. A scoring approach was applied for the integral assessment, enabling the ranking of the studied substances by degree of hazard and determining the feasibility of monitoring studies.

Results. Based on the comprehensive assessment, it was established that the highest risk of water body contamination and potential negative impact on public health is posed by fungicides (difenoconazole, azoxystrobin, penconazole, fluxapyroxad, and metalaxyl-M), herbicides (S-metolachlor and glyphosate), and the insecticide abamectin. It is these active substances that are recommended for inclusion in the category of priority objects for mandatory water monitoring.

Conclusions. The proposed approach optimizes the monitoring system, increases the effectiveness of risk management for public health and the environment, and ensures the rational allocation of laboratory control resources. The obtained results form the basis for harmonizing the national environmental safety system with European standards and improving preventive measures.

Keywords: pesticides; environmental monitoring; chemical water pollution; risk assessment; water quality; emergencies; environmental factor impact.

Received: April 27, 2026

Accepted: August 17, 2026

Published online: September 16, 2026