

УДК 504.064.3 : 54.021 : 632.95

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ У ЗОНАХ ВПЛИВУ СКЛАДІВ ОТРУТОХІМІКАТІВ

Л.І. Моклячук

*доктор сільськогосподарських наук, професор
завідувач відділу екотоксикології*

І.М. Городиська

кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН

В.В. Монарх

кандидат сільськогосподарських наук

Вінницький національний аграрний університет

О.М. Моклячук

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
(НТУУ КПІ)*

Т.О. Моклячук

кандидат економічних наук

Інститут агроєкології і природокористування НААН

Показано просторовий розподіл хлороорганічних пестицидів у ґрунтах санітарних зон недіючих складів отрутохімікатів залежно від відстані від складу. Розраховано пряме пестицидне навантаження в зонах впливу колишніх складів отрутохімікатів. Обчислено компоненти моделі ситуаційного ризику. Оцінено екологічні ризики, спричинені впливом колишніх складів отрутохімікатів на довкілля. Проведено порівняльний аналіз захворюваності населення району та області. Висунуто припущення про існуючий зв'язок забрудненості пестицидами зі збільшенням хвороб у населення району.

Ключові слова: пестициди, забруднення, ґрунт, ризик, математична модель, захворюваність.

.....

У сучасних умовах інтенсифікації застосування засобів захисту рослин та, катастрофічної ситуації забруднення пестицидами об'єктів агроєкосистем під впливом локальних джерел забруднення (в тому числі санітарних зон складів отрутохімікатів) актуальним є удосконалення існуючої системи агроєкологічного моніторингу через введення до її складу оцінки можливих екологічних ризиків від пестицидного навантаження на об'єкти агроєкосистем. Оцінювання екологічних ризиків надасть можливість ще на етапі планування системи хімічного захисту рослин завчасно прогнозувати, оцінювати й пом'якшувати екологічні наслідки запланованої господарської діяльності.

У світовій практиці оцінювання екологічних ризиків стрімко розвивається. З українських науковців цією проблемою займаються М.Г. Проданчук, В.І. Великий, Ю.А. Кучак, О.П. Кравчук та ін. Їхні дослідження стосуються переважно аналізу, ситуаційного ризику асортименту пестицидів, оцінки екологічних

ризиків забруднення довкілля. Тому в системі агроєкологічного моніторингу слід застосовувати математичні методи оцінювання екологічних ризиків, пов'язаних із пестицидами, їхньою міграцією та впливом на стан здоров'я людей, у чому й полягає доцільність нашої роботи.

Під екологічним ризиком розуміють ймовірність несприятливих для довкілля наслідків будь-яких змін природних об'єктів і чинників. Оцінка ризику — це аналіз причин його виникнення та масштабів прояву в конкретній ситуації [1, 2]. Система оцінки ризику має на меті встановити об'єктивну картину ризику на певній території (включаючи класифікацію чинників небезпеки та можливі наслідки їхньої дії), кількісні оцінки ризику й збитків стосовно здоров'я населення та довкілля.

Вивченню такої галузі науки, як ризикологія довкілля, присвятили свої дослідження російські вчені І.В. Сутанська, В.Н. Башкін, Н.В. Князівська, В.С. Князівський та інші [3–5]. При вивченні екологічних ризиків вони приділяють увагу оцінці впливу чинників довкілля

на здоров'я людей. Виключити небезпеку прояву екологічного або будь-якого іншого ризику й тим самим захистити людей від впливу токсичних речовин, шкідливих пестицидів та інших забруднювачів середовища проживання людини практично неможливо. Однак мінімізувати ймовірність ризику цілком реально. Для вирішення цього завдання треба володіти методами оцінки ризику, що включають визначення ймовірності виникнення несприятливої події та ймовірний збиток від наслідків настання цієї події.

Дослідження здійснювали на території господарства ЗАТ ПК «Поділля», у філії «Крижопіль» Крижопільського району Вінницької області.

Розрахунок величини ризику проведено двома різними методами [7]. Перший метод — модель CalTOX, розроблена Відділом небезпечних речовин Університету штату Каліфорнія. CalTOX — автоматизована система оцінювання ризиків, яка обчислює розподіл їх від контакту із забруднювачами протягом багатьох років від початкових їхніх концентрацій у ґрунті, інтегруючи концентрацію забруднювача в ґрунті, враховуючи моделі його поширення в природі.

Другий метод — модель ситуаційного ризику пестицидного забруднення сільськогосподарських угідь у зонах впливу колишніх складів отрутохімікатів, що є модифікацією моделі Інституту екологієні і токсикології ім. Л.І. Медведя (Київ, Україна) [8].

Моделю розроблена Інститутом екологієні і токсикології ім. Л.І. Медведя, при оцінці ризиків від застосування пестицидів не враховує наявності локальних джерел забруднення пестицидами (наприклад, санітарних зон складів

отрутохімікатів), а використовується для умов рівномірного внесення діючої речовини пестициду в ґрунт сільськогосподарських угідь. За наявності на території поля складу отрутохімікатів концентрація діючої речовини на полі не є сталою й залежить від багатьох чинників. Саме тому виникла необхідність удосконалити цей метод, урахувавши нерівномірність концентрації діючої речовини.

Для розрахунку екологічних ризиків від забруднення хлорорганічними пестицидами (ХОП) було вибрано сільськогосподарські угіддя, що межують із територіями колишніх складів отрутохімікатів у населених пунктах Гарячківка, Кісниця, Леонівка, Зеленянка, де попередніми дослідженнями [9, 10] встановлено різні рівні забрудненості зазначеними токсикантами (табл. 1).

Загальна формула для моделі ситуаційного ризику має такий вигляд:

$$R = \frac{1}{2I_{sc}} \sum [A_i + B_i + D_i], \quad (1)$$

де I_{sc} — індекс самоочищення ґрунтів, що залежить від місцевості; A_i — навантаження i -го забрудника за впливом на людину, тобто, як певний забрудник вплине на людину під час прямого контакту; B_i — навантаження i -го забрудника за ГДК, тобто вплив забрудненої ділянки на природне середовище в сенсі ризику; D_i — навантаження i -го забрудника за оцінкою епіконтактності населення, тобто, як вплине споживання продукції, вирощеної на забрудненій ділянці, на населення.

Для розрахунку блоку A_i слід розрахувати величину A_n , яка являє собою масу всієї діючої речовини, поділену на загальну площу впливу цієї діючої речовини. Щоб знайти A_n ,

Таблиця 1

Просторовий розподіл ХОП у ґрунтах санітарних зон недіючих складів отрутохімікатів у Крижопільському районі залежно від відстані від складу

Населений пункт (село)	Пестицид	Вміст ХОП залежно від відстані від складу, мкг/кг					
		1 м	5 м	15 м	25 м	50 м	100 м
Гарячківка	∑ ГХЦГ	12,32	9,7	8,73	6,45	3,89	1,41
	∑ ДДТ	19,65	8,02	2,65	1,25	0,38	0,06
Кісниця	∑ ГХЦГ	—	—	—	—	—	—
	∑ ДДТ	0,13	0,06	0,01	—	—	—
Леонівка	∑ ГХЦГ	—	—	—	—	—	—
	∑ ДДТ	0,69	0,32	0,07	0,01	—	—
Зеленянка	∑ ГХЦГ	—	—	—	—	—	—
	∑ ДДТ	58,63	34,51	15,38	9,26	3,47	0,53

побудовано модифіковану формулу прямого навантаження, яка враховуватиме розміщення складу поблизу.

Спираючись на практичні розділи теорії диференціальних рівнянь [8], приймемо, що забруднення поширюється навколо складу в оберненій експоненціальній залежності від відстані. Тоді, враховуючи методи нелінійної регресії [8], можна записати таку формулу:

$$P_i(x) = P_{S_i} \times l_i \times \text{Exp}\{-m_i x + 1\}, \quad (2)$$

де $P_i(x)$ — концентрація i -го пестициду на відстані x ; P_{S_i} — забруднення едафотопу складу певним пестицидом; $\text{Exp}\{-m_i x + 1\}$ — експонента; l_i, m_i — регресійні коефіцієнти (для їхнього розрахунку використовували програму Wolfram Mathematica 8).

Для визначення загальної маси ДР при відомій залежності концентрації від відстані до складу застосували методи практичних аспектів кратних інтегралів [8]. Розділимо територію навколо складу концентричними колами на ділянки. Пронумеруємо ці ділянки в порядку зростання. Частина з цих ділянок перетнеться з територією поля, утворюючи частини секторів кругів. Нехай утворилось N частин. Площу однієї такої частини можна вирахувати таким чином:

$$S_k = \pi \frac{\beta_k - \alpha_k}{2} (r_k^2 - r_{k-1}^2), \quad (3)$$

де α_k та β_k — відповідно початковий та кінцевий кути сектора; r_k — радіус k -го круга; r_{k-1} — радіус $k-1$ -го круга. Площу (S) усіх таких частин рахуємо як їхню суму:

$$S = \sum_{k=1}^N S_k. \quad (4)$$

Розділивши таким чином територію поля, можна вирахувати масу речовини, застосовавши подвійний інтеграл у полярних координатах.

Враховуючи густину ґрунту θ , загальну масу діючої речовини, яка розподілена по полю, розраховуються за такою формулою:

$$\begin{aligned} M_i &= \theta \sum_{k=1}^N \int_{\alpha_k}^{\beta_k} \int_{r_{k-1}}^{r_k} P_i(x) dx = \\ &= \theta \sum_{k=1}^N \int_{\alpha_k}^{\beta_k} \int_{r_{k-1}}^{r_k} P_{S_i} l_i \text{Exp}\{-m_i x + 1\} dx = \\ &= \theta \sum_{k=1}^N (\text{Exp}\{-m_i r_{k-1}\} - \text{Exp}\{-m_i r_k\}) (\beta_k - \alpha_k) \frac{P_{S_i} l_i \text{Exp}\{1\}}{m_i}. \end{aligned} \quad (5)$$

Поділивши M — загальну масу діючої речовини на S — загальну площу, отримуємо пряме навантаження i -го пестициду (кг/га). Отримавши це значення, можемо застосувати його для вирахування компонентів моделі ситуаційного ризику у випадку наявності едафотопу складу отрутохімікатів на досліджуваній ділянці.

Розраховано, що навантаження пестициду на 1 га поля в селі Зеленянка становить 4,06227 кг (табл. 2). Тому цілком зрозуміла причина значного забруднення залишками хлорорганічних пестицидів проб буряків (0,42 мг/кг) [9]. Небезпечним є те, що ділянка, ґрунти якої забруднені залишками небезпечних пестицидів, є приватною. Населення, яке вирощує тут сільськогосподарську продукцію, перебуває в зоні ризику внаслідок систематичного споживання продукції, забрудненої пестицидами.

Із табл. 2 видно, що навантаження пестициду на 1 га поля в селі Кісниця становить 9,5 г. Така кількість пестициду не несе суттєвої загрози для сільськогосподарських угідь та вирощування продукції на цьому полі. Небезпечними слід вважати сільськогосподарські угіддя населених пунктів Гарячківка та Лео-

Таблиця 2

Пряме пестицидне навантаження в зонах впливу колишніх складів отрутохімікатів сіл Крижопільського району, кг/га

Населений пункт (село)	Площа с.г. угідь, га	Пестицид	Пряме навантаження, кг/га
Гарячківка	41,98	∑ ГХЦГ	0,271368
		∑ ДДТ	0,149619
Кісниця	89,90	∑ ГХЦГ	—
		∑ ДДТ	0,00958
Леонівка	96,93	∑ ГХЦГ	—
		∑ ДДТ	0,2448
Зеленянка	20,79	∑ ГХЦГ	—
		∑ ДДТ	4,06227

нівка. Навантаження суми ізомерів та метаболітів ДДТ на 1 га поля становить 149 та 244 г відповідно. Крім того, в селі Гарячківка на ґрунт впливає забруднення іншого пестициду — ГХЦГ. Навантаження суми ізомерів ГХЦГ на 1 га поля становить 271 г. Таким чином, три населених пункти, сільськогосподарські угіддя яких знаходяться в зонах впливу колишніх складів отрутохімікатів, перебувають у зоні ризику.

Враховуючи щільність складення місцевого ґрунту (1,650 т/м³) та індекс самоочищення території (для Вінницької області $I_{sc} = 0,61$) [11], було розраховано компоненти моделі ситуаційного ризику. Результати обчислень наведено в табл. 3. На рис. 1 показано значення рівня ситуаційного ризику для вибраних ділянок. Контрольні значення взято зі статті [11].

Градацію величини ситуаційного ризику виражено в умовних одиницях ризику, балах (R_0): R_1 — малонебезпечний (1–20); R_2 — помірно

небезпечний (20–40); R_3 — виражено небезпечний (40–60); R_4 — високонебезпечний (>60).

Відповідно до класифікації, значення ситуаційного ризику забруднення ґрунту санітарної зони складу отрутохімікатів залишками ХОП у с. Зеленянка є високонебезпечним (4650 балів). У с. Гарячківка високонебезпечним є значення ситуаційного ризику як за сумою ГХЦГ (203 бали), так і за сумою ДДТ (101 бал). Незважаючи на незначне, порівняно з іншими селами, забруднення залишками пестицидів ґрунту навколо складу отрутохімікатів, у с. Леонівка, розрахунок значення ситуаційного ризику показав високе значення (200 балів). Лише в с. Кісниця показник ситуаційного ризику малонебезпечний (5 балів). Це дає підстави стверджувати, що лише в цьому населеному пункті не обов'язково обстежувати території поблизу колишнього складу з непридатними пестицидами перед введенням її в загальне сільськогосподарське використання.

Таблиця 3

Вихідні дані моделі ситуаційного ризику небезпеки

Населений пункт (село)	Пестицид	A_i	B_i	D_i
Гарячківка	\sum ГХЦГ	28,4936	1,99315	93,1018
	\sum ДДТ	15,71	1,72344	44,3875
	Загалом	44,2036	3,71659	137,4893
Кісниця	\sum ГХЦГ	–	–	–
	\sum ДДТ	1,0059	0,9088	1,49864
Леонівка	\sum ГХЦГ	–	–	–
	\sum ДДТ	25,704	2,23759	94,287
Зеленянка	\sum ГХЦГ	–	–	–
	\sum ДДТ	426,538	3,522885	2463,354

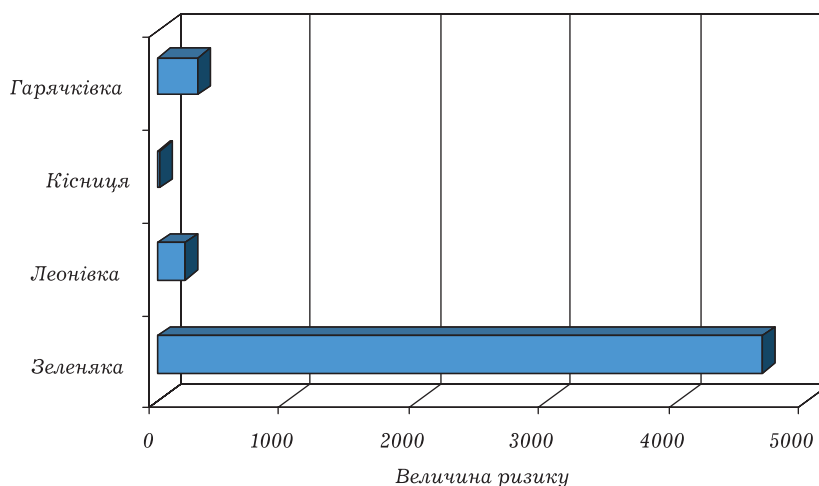


Рис. 1. Значення ситуаційного ризику небезпеки

Прийнявши рівень ситуаційного ризику за 60 одиниць, що відповідає високій небезпеці, за 100% ситуаційний ризик для населених пунктів буде такий: Гарячківка — 508%, Леонівка — 333% та Зеленянка — 7750%.

Таким чином, сільськогосподарські угіддя та вирощена на них рослинницька продукція трьох населених пунктів перебувають у зоні ризику. Існує небезпека забруднення залишковими пестицидами компонентів агроєкосистеми.

Враховуючи результати комплексного дослідження території Крижопільського району, в ході якого виявлено міграцію пестицидів із ґрунту в сільськогосподарську продукцію і питну воду [7–10], та з огляду на отримані високі значення ситуаційного ризику, ми робимо припущення про існуючий зв'язок забруднення пестицидами зі збільшенням хвороб у населення Крижопільського району (рис. 2).

Упродовж 2008–2012 рр. показники захворюваності населення в районі значно пере-

вищують показники захворюваності населення області (включаючи міста). Люди, які працюють у сільському господарстві та проживають поблизу сільськогосподарських угідь (а це більша частина населення Крижопільського району), значно більше піддаються негативному впливу агрохімікатів різного роду, ніж населення в містах.

На рис. 3 представлено дані з обласного медико-статистичного інформаційно-аналітичного центру м. Вінниця про захворюваність населення області та Крижопільського району. Назви хвороб зазначено в розрізі п'яти років з розрахунку на 10 тис. населення в області та районі.

Показники хвороб кістково-м'язової системи в районі майже в 2 рази перевищують показники по області. У Крижопільському районі спостерігається систематичне річне збільшення кількості хвороб ендокринної системи (цукровий діабет, тиреотоксикоз), хвороб ор-

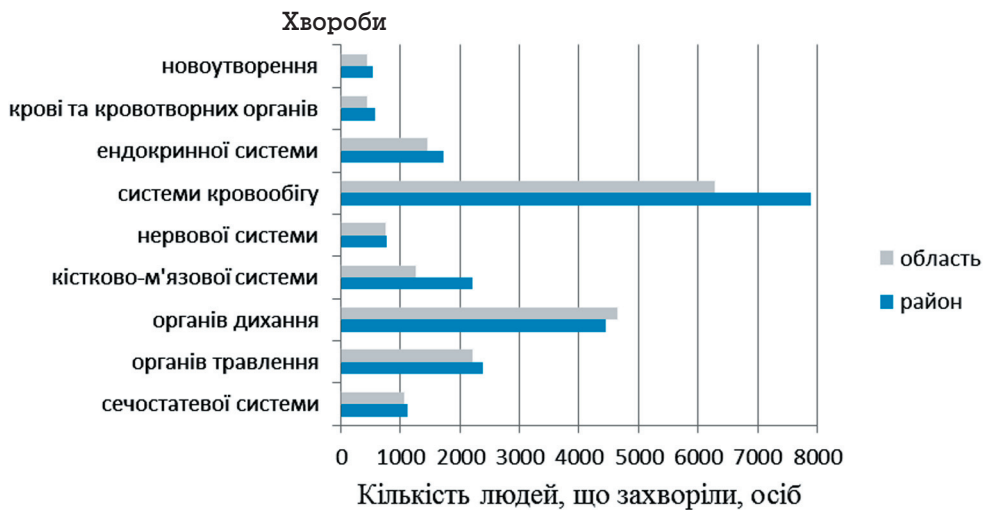


Рис. 2. Захворюваність населення Крижопільського району Вінницької області

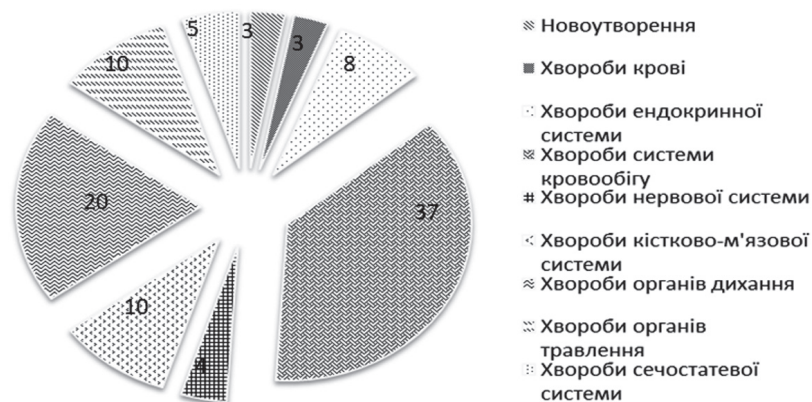


Рис. 3. Показники захворювань у населення Крижопільського району, %

ганів травлення (холецистит, холангіт), новоутворень та хвороб системи кровообігу, що може бути пов'язано з впливом пестицидного забруднення.

Доведено, що майже всі види пестицидів спричиняють патології в серцево-судинній системі організму (закупорення судин та їх ослаблення). Дані рис. 2 свідчать про велику кількість у районі захворювань, пов'язаних із системою кровообігу (гіпертонічна та ішемічна хвороби, стенокардія). Ці показники значно перевищують показники аналогічних хвороб в області.

Із загальної кількості захворювань упродовж 2008–2012 рр. у населення Крижопільського району найчастіше діагностували хвороби системи кровообігу (37%), органів дихання (20%), кістково-м'язової системи та органів травлення (10%) (рис. 3).

Населення району частіше хворіло на інфекційні хвороби, хвороби шкірних покривів, порушення функціонування органів дихання тощо. Вплив пестицидного забруднення призводить до алергійних реакцій, які досить швидко з короткочасних переростають у хронічну алергію. Згідно з проаналізованими даними, найменше в районі було хворих на кровотворні органи (3%), новоутворення (3%) та нервову систему (4%).

На нашу думку, незадовільний стан довкілля та споживання забрудненої залишками пестицидів сільськогосподарської продукції й питної води призводять до зростання кількості хвороб у населення. Порівняно з показниками області діагностування хвороб у населення Крижопільського району значно вище.

Отже, міграція пестицидів з ґрунту в рослини, поверхневі та підземні води, атмосферне повітря призводить до збільшення навантаження пестицидів на населення й створює реальну загрозу його здоров'ю.

ВИСНОВКИ

Перед введенням у загальне землекористування територій санітарних зон колишніх складів по зберіганню пестицидів обов'язково слід проводити комплексне обстеження ґрунтів на предмет забруднення токсикантами. Визначення вмісту пестицидів та розрахунок абсолютного значення ризику дадуть змогу встановити межі зони впливу колишніх складів отрутохімікатів.

Необхідною умовою для зменшення небезпеки для здоров'я населення в названих населених пунктах є пошук методів відновлення та очищення ґрунтів даних територій від ксенобіотиків. Тільки після проведених робіт з очистки ґрунтів та на підставі результатів

проведених обстежень, які покажуть позитивні зміни, стане безпечно вирощувати сільськогосподарську продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барановский В. Территориальная модель исследования устойчивого экологического развития Украины / В. Барановский // Экономика Украины. — 1998. — № 8. — С. 76–82.
2. Олейник К. Экологические риски хозяйственной (предпринимательской) деятельности: сущность, основные виды / К. Олейник // Управление риском. — 2000. — № 3. — С. 42–45.
3. Сутонская И.В. О риске, связанном с неблагоприятным воздействием факторов окружающей среды и её восприятие населением (зарубежный опыт) / И.В. Сутонская, М.М. Авхименко // Гигиена и санитария. — 1993. — № 4. — С. 60–62.
4. Князевская Н.В. Принятие рискованных ситуаций в экономике и бизнесе: [монография] / Н.В. Князевская, В.С. Князевский. — М.: Контур, 1998. — 160 с.
5. Башкин В.Н. Управление экологическими рисками: [монография] / В.Н. Башкин. — М.: Научный мир, 2005. — 368 с.
6. Моклячук Л.І. Кризовий моніторинг дерновопідзолистих ґрунтів, забруднених залишковими кількостями пестицидів / Л.І. Моклячук, Г.Г. Андрієнко, І.М. Городиська, О.А. Слободенюк // Наук. пр. Полтав. держ. аграрн. академії. — 2005. — Т. 4 (23). — С. 203–207.
7. Городиська І.М. Екологічні ризики забруднення сільськогосподарської продукції непридатними пестицидами / І.М. Городиська, В.В. Монарх, Т.О. Моклячук, О.А. Слободенюк, Ю.С. Баранов, А.О. Білоус // Збалансоване природокористування. — 2013. — № 4. — С. 17–22.
8. Моклячук О. Модель екологічного ризику забруднення ґрунтів стійкими хлорорганічними пестицидами / О. Моклячук, Т. Моклячук, В. Монарх // Тези міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві». — 2013. — С. 115–117.
9. Монарх В.В. Оцінка екологічних ризиків забруднення пестицидами компонентів агро-екосистеми / В.В. Монарх // Збалансоване природокористування. — 2014. — № 1. — С. 206–212.
10. Монарх В.В. Аналіз стану колишніх складів по зберіганню отрутохімікатів у межах Крижопільського району Вінницької області / В.В. Монарх // Зб. наук. пр. ВНАУ. Сер. сільськогосподарські науки. — 2014. — № 5 (82). — С. 206–216.
11. Проданчук М.Г. Методологічні підходи до оперативної екогігієнічної оцінки асортименту та обсягів застосування пестицидів в сільському господарстві України / М.Г. Проданчук, В.І. Великий, Ю.А. Кучак / Довкілля та здоров'я. — 2003. — № 1. — С. 75–78.