

# ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ

*Калініченко В. М., Тараненко А. О., Чайка Т. О.*

*Полтавська державна аграрна академія*

В Україні, де агропромисловий сектор є одним з основних державотворчих секторів економіки, і тому питання впливу сільськогосподарської діяльності на основні компоненти навколишнього природного середовища стоїть особливо гостро. У процесі землекористування земельні ресурси, як важлива екологічна компонента навколишнього природного середовища, зазнають суттєвого екологічного навантаження. За даними Міністерства екології та природних ресурсів України коефіцієнт екологічної стабільності землекористування в Україні становить 0,41, тобто землекористування на території України оцінюється як «стабільно нестійке»<sup>1</sup>

Внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин від шкідників і хвороб, становить загрозу забруднення не тільки безпосередньо ґрунтів, але й, атмосферному повітрю. Значна частина токсикантів за рахунок вимивання попадає у ґрунтові і поверхневі води. Використання інтродуцентів і ГМО також несе значні екологічні ризики. Але чи не найбільшим забруднювачем навколишнього середовища має використання пестицидів у сільському господарстві.<sup>2,3</sup>

---

<sup>1</sup> "Щодо вдосконалення агроекологічних умов функціонування сільського господарства". Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень. 2014: URL: [https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/schodovdoskonalennya-agroekologichnikh-umov-funkcionuvannya-silskogo#\\_ftn2](https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/schodovdoskonalennya-agroekologichnikh-umov-funkcionuvannya-silskogo#_ftn2)

<sup>2</sup> Основи біобезпеки (екологічний складник) : навч. посіб. / Л. П. Новосельська, Т. Г. Івашенко, В. П. Гандзюра, О. П. Кулінич ; за заг. наук. ред. д.б.н. О. І. Бондаря. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 180 с. (Бібліотека екологічних знань),

<sup>3</sup> Хилько М. І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник / М. І. Хилько. – К., 2017. – 266 с.

Екстенсивне землекористування призводить до <sup>4,5</sup> :

- понадлімітного забруднення навколишнього середовища хімічними речовинами, які використовуються при вирощуванні сільськогосподарських культур;
- перевищення гранично допустимого вмісту залишків шкідливих речовин у вирощеній продукції;
- понаднормового забруднення ґрунту, водних об'єктів та атмосфери відпрацьованими паливно-мастильними матеріалами внаслідок роботи сільськогосподарської техніки.
- неконтрольованого поширення ГМО;
- погіршення здоров'я споживачів від споживання продукції, виробленої із використанням ГМО;
- перевищення гранично допустимих рівнів шуму;

Ці складові антропогенного впливу від агропромислового комплексу підвищують інтегральні ризики екологічної безпеки, які проявляються у завданні шкоди навколишньому природному середовищу (деградація ґрунтів, зменшення біологічного різноманіття території, руйнації екологічних систем різних рівнів, різноманітні мутації живих організмів) та у завданні шкоди життю і здоров'ю людини через сільськогосподарську продукцію, яку вона споживає <sup>6</sup>

За даними Міністерства екології та природних ресурсів України, разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів надійшло: 42,4 тис. тонн завислих речовин; 403,4 тонн нафтопродуктів; 801,2 тис. тонн сульфатів;

---

<sup>4</sup> URL:

[https://www.researchgate.net/publication/325763474\\_Ekologichniy\\_rizik\\_v\\_sferi\\_silskogospodarskogo\\_virobnictva\\_uridicne\\_ponatta\\_ta\\_oznaki](https://www.researchgate.net/publication/325763474_Ekologichniy_rizik_v_sferi_silskogospodarskogo_virobnictva_uridicne_ponatta_ta_oznaki)

<sup>5</sup> Андрейцев В.І. Право екологічної безпеки: навч. та наук.-практ. посіб. – К.: Знання-Прес, 2002. – С. 55-56; Фролов М.О. Правові аспекти екологічного ризику: Дис ... к.ю.н.: 12.00.06 / Фролов Максим Олександрович; Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – К., 2000. – С. 42-43.

<sup>6</sup> <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/1725> , <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810601064900>

637,6 тис. тонн хлоридів; 9,1 тис. тонн азоту амонійного; 57,9 тис. тонн нітратів; 2,2 тис. тонн нітритів; 271,4 тонн СПАР; 735,7 тонн заліза; 7,5 тис. тонн фосфатів. У 2011 р. підприємства сільського господарства скинули 84 млн м<sup>3</sup> забруднених стічних вод <sup>7</sup>.

Найвагомішим екологічним ризиком у рослинництві є застосування різного роду пестицидів. Пестициди це широка гама хімічних або біологічних агентів, який затримує, знищує чи іншим чином заважає шкідникам призначених для боротьби з шкідливими для культурних рослин організмами: бур'янами, деревною і чагарниковою рослинністю, мікроорганізмами, та іншими шкідниками.

Залежно від типу шкідника застосовують такі основні групи пестицидів: <sup>8</sup>

- акарициди – хімічні або біологічні речовини для боротьби з кліщами. Як правило, їх використовують для захисту від шкідників ягідних і плодових культур;

- гербіциди – хімічні засоби захисту, призначені для знищення бур'янів. У свою чергу, всі препарати цього виду можна розділити на: гербіциди суцільної дії – згубно впливають на будь-яку рослинність; гербіциди вибіркової дії (селективні) – ушкоджують рослини вибірково;

- інсектициди – хімічні або біологічні речовини, що їх використовують для знищення шкідливих комах, їхніх личинок і яєць;

- протруйники – засоби, що відлякують або знищують шкідників і збудників хвороб. Їх використовують для оброблення посівного й посадкового матеріалу, а також саджанців рослин. Можуть одночасно виконувати функції фунгіциду й інсектициду;

---

<sup>7</sup> URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071714000236>

<sup>8</sup> <https://www.epa.gov/pesticides>, <https://www.pesticidy.ru/dictionary/pesticide>

- родентициди – препарати, призначені для боротьби з пацюками та іншими гризунами;

- фунгіциди – препарати, призначені для боротьби із захворюваннями рослин. Включають речовини, токсичні для грибів, а також інфекційних хвороб. Фунгіциди можна використовувати для лікування захворювань, профілактичної обробки, підвищення імунітету.

- арборициди – препарати, призначені для боротьби зі смітною деревною рослинністю.

- акарициди – засоби для боротьби з кліщами.

- нематоциди – препарати, призначені для боротьби з нематодами (круглими червами).

- моллюскоциди – речовини, що знищують моллюсків.

- авіциди – засоби для боротьби з птахами, які викльовують посіви на полях.

Застосування одного або декількох пестицидів навіть при дотриманні усіх вимог може, і найчастіше призводить до порушення складних взаємозв'язків у біоценозах, призводячи до скорочення біорізноманіття, особливо внаслідок знищення бур'янів і комах, які є важливими елементами харчового ланцюга. Прикладами проявів такої негативної дії є стрімке зменшення популяції бджіл, та інших корисних комах. З 2006 року популяція бджіл щорічно зменшувалась на 29% - 36% .<sup>9</sup> Самці лягушки, під впливом атразина, становляться самками.<sup>10</sup> Пестициди призводять до різкої загибелі кажанів.<sup>11</sup>

Крім того, пестициди спричиняють негативний вплив на здоров'я людини, як у результаті прямої дії, так і опосередковано через накопичення

---

<sup>9</sup> [http://www.panna.org/resources/panups/panup\\_20091230#4](http://www.panna.org/resources/panups/panup_20091230#4)

<sup>10</sup> [http://www.panna.org/resources/panups/panup\\_20100305#2](http://www.panna.org/resources/panups/panup_20100305#2)

<sup>11</sup> <https://www.whitenosesyndrome.org>

залишкових кількостей у сільськогосподарських продуктах і питній воді. Окрім цільового призначення, пестициди чинять негативний вплив на біосферу, масштаб якого порівнюють із глобальними екологічними чинниками. Застосування пестицидів може призводити до таких негативних наслідків, як зменшення біологічної продуктивності, порушення функціонування ґрунтових мікробіоценозів, накопичення залишків пестицидів і їхніх похідних у поверхневих водних джерелах та ґрунтових водах, перешкоджання відновленню родючості, зменшення харчової цінності сільськогосподарської продукції тощо <sup>12</sup>.

Методологія аналізу екологічного ризику базується на існуючій методології аналізу ризику, яка широко застосовується у світовій практиці при оцінці небезпек. Аналіз ризиків передбачає попередження несприятливих наслідків дій небезпеки на об'єкти впливу та обґрунтування управлінських рішень щодо зменшення рівня ризику. Системний аналіз ризику складається з трьох взаємозв'язаних процедур: оцінки ризику, управління ризиком та інформування про ризик (дивись рис. 1)<sup>13, 14</sup>.

Оцінка ризику є основним елементом процедури аналізу ризику. Метою оцінки ризиків є виявлення небезпек, отримання та узагальнення якісної та кількісної інформації про рівні та наслідки дій шкідливих і небезпечних факторів на об'єкти впливу та визначення ймовірності наслідків для попередження розвитку несприятливих ефектів і для обґрунтування управлінських рішень щодо зменшення рівня ризику. Процедура оцінки ризику припускає здійснення взаємозв'язаних етапів та має три її

---

<sup>12</sup> Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Химические средства защиты растений. — М.: КолосС, 2006. — 248 с.

<sup>13</sup> Commission directive 93/67/EEC of 20 July 1993 laying down the principles for assessment of risks to man and the environment of substances notified in accordance with Council Directive 67/548/EEC <http://www.legaltext.ee/text/en/T50879.htm>

<sup>14</sup> Comparative Risk Framework Methodology and Case Study. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, DC, 1998 (<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=12465>)

найважливіші складові (три етапи): ідентифікація небезпек, оцінка ризику впливів та характеристика ризику<sup>15</sup>. Зазвичай, оцінка ризику дії токсиканта у визначенні вірогідності шкідливої дії чинника, що вивчається. Окремим випадком є кількісна оцінка вірогідності збитку здоров'ю людини, пов'язана з дією певних агентів, наприклад, хімічних речовин, що знаходяться в доквіллі або на робочому місці. Базовою інформацією для проведення дослідження є токсикологічна характеристика речовини, ризик від дії якого передбачається оцінити<sup>16</sup>.

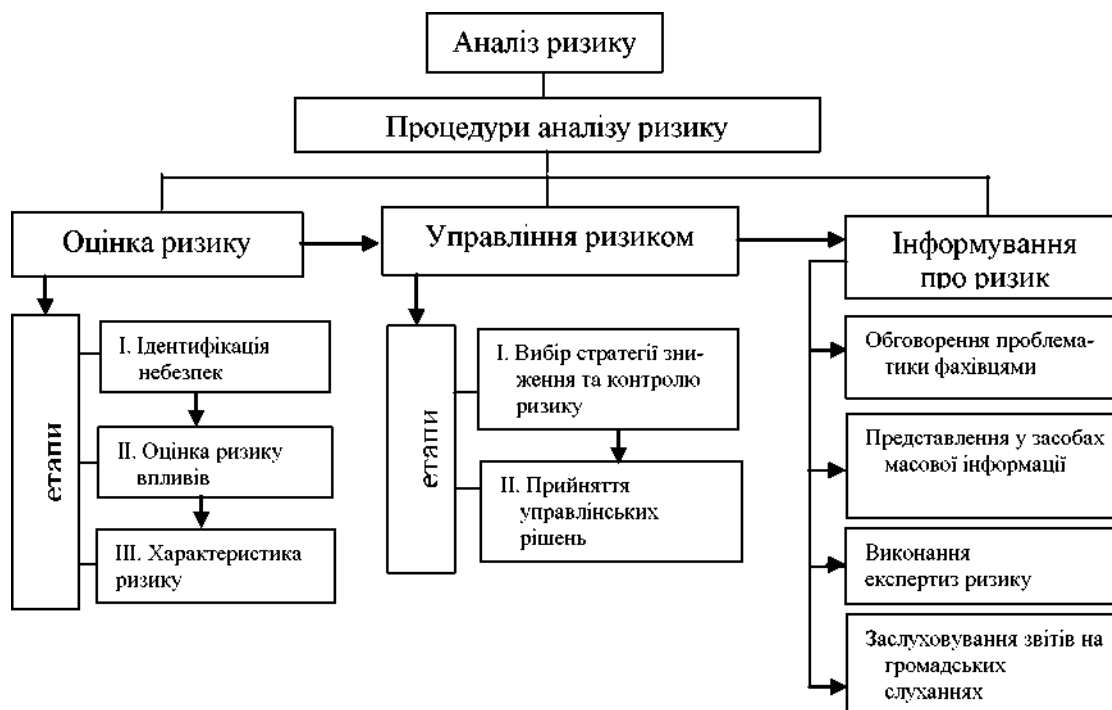


Рис. 1. Схеми аналізу ризику

Джерело: Аверін Г.В., Звягінцева Г.В., Данілкина І.Л., Кишкань Р.В. Методика з оцінки екологічних ризиків при забрудненні навколишнього природного середовища. Проект. К., 2008. - 40 с.

Більшість наукових праць щодо негативного впливу пестицидів

<sup>15</sup> URL:

[http://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/17576/3/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_%D0%A0%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B8\\_2\\_2009Zvyagintsev.pdf](http://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/17576/3/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A0%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B8_2_2009Zvyagintsev.pdf)

<sup>16</sup> Музалевский Л. Л., Карлин Л.Н. Экологические риски: теория и практика. — СПб.: РГГМУ, НИМ, 2011. 448 с.

враховує або один з факторів впливу на навколишнє середовище, або вплив на окремі частини, елементи екосистеми. Також значна кількість робіт присвячена дії окремих видів токсикантів на окремі ланки біоценозів<sup>17, 18</sup>. Одним з електронних ресурсів, де сконцентровані нормативні документи, бази даних, математичні моделі для оцінки ризику пестицидів про вплив на навколишнє середовище, екологічної долі, вплив на здоров'я є сайт Агенції з охорони навколишнього середовища США - EPA<sup>19</sup>. На сайті представлені моделі розрахунку ризику застосування пестициду на здоров'я людини або навколишнього середовища. Ці моделі розраховують вплив якому може піддатися людина або окремі компоненти навколишнього середовища, враховуючи токсичність пестициду та його кількість. При оцінці впливу використовуються математичні моделі для прогнозування концентрацій пестицидів в продуктах харчування, воді, побуті та професійному середовищі.

PWC моделює нанесення пестицидів на поверхню землі і наступний перенос пестицидів у водні об'єкти, включаючи поверхневі водойми, а також прості водоносні горизонти ґрунтових вод. Ця остання версія PWC надає додаткові параметри розкладу культур, покращене взаємодія наносів і водойм, а також можливість використовувати свіжіші файли погоди. Модель Bee-REX - це інструмент рівня скринінгу, який призначений для використання в оцінці ризику впливу пестицидів на бджіл і розрахунку коефіцієнтів ризику. MCnest об'єднує існуючу інформацію про токсичність з трьох стандартизованих тестів на токсичність для птахів з інформацією про

---

<sup>17</sup> C. Ahouangninou. Characterization of Health and Environmental Risks of Pesticide Use in Market-Gardening in the Rural City of Tori-Bossito in Benin, West Africa/ C. Ahouangninou. and other, Journal of Environmental Protection, 2012, 3, 241-248

<sup>18</sup> Rai S. Kookana Nanopesticides: Guiding Principles for Regulatory Evaluation of Environmental Risks / J.Agric. Food Chem. 2014, 62, 19,

<sup>19</sup> Официальный сайт правительства США. Агентство по охране окружающей среды США. URL: <https://www.epa.gov/>

історію життя видів і терміни застосування пестицидів щодо термінів розмноження птахів, щоб кількісно оцінити вплив сценаріїв використання пестицидів на щорічний репродуктивний успіх популяцій птахів. STIR використовується OPP для оцінки впливу інгаляційного типу на основі інформації про конкретні пестициди. TerrPlant - це модель, що забезпечує скринінгові оцінки впливу на наземні рослини при застосуванні окремих пестицидів. T-HERPS - це імітаційна модель, яка оцінює вплив пестицидів на наземних рептилій і земноводних. AgDRIFT та AGDISP TM дозволяє оцінювати різні умови знесення обприскувача в результаті застосування в сільському господарстві і відкладення рідкого складу пестицидів за межами ділянки. PERFUM використовується для розрахунку розподілу впливу фумігантів ґрунту, що надходять з оброблених сільськогосподарських полів. SOFEA та FEMS використовується для розрахунку впливу на сторонніх осіб, що знаходяться поблизу полів, оброблених ґрунтовими фумігантами. DEEM надає імовірнісні оцінки впливу пестицидів з їжею.<sup>20</sup>

Таким чином, кожна з цих математичних моделей розглядає вплив на окремі компоненти, не враховуючи системної дії пестицидів на всю екосистему. На рис. 2. показано схема системного впливу пестицидів на екосистему і людину як частину цієї системи.

Пестициди є біологічно активними речовинами, які активно мігрують у навколишньому середовищі. В атмосферу пестициди потрапляють безпосередньо при застосуванні шляхом обприскування або обпилювання, а також в результаті випаровування з поверхні ґрунту або рослин і з поверхні води. Чим вище летючість речовини, тим більша кількість його потрапляє в атмосферу. У поверхневій воді пестициди можуть потрапляти у або безпосередньо, або з атмосфери і ґрунту, а також у вигляді продуктів

---

<sup>20</sup> <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/models-pesticide-risk-assessment#terrestrial>

життєдіяльності тварин і людини. Забруднення ґрунту може відбуватися як безпосередньо в результаті прямого внесення в ґрунт, так і через рослини, тварин, і з води.

З іншого боку, у ґрунті відбувається низка процесів, що зменшують вміст у ньому агрохімікатів: біохімічне руйнування препаратів, перехід у рослину, випаровування в атмосферу, винесення поверхневим і внутрішньогрунтовим стоком, фотохімічне руйнування, поглинання й трансформація ґрунтовими організмами. Сукупність цих процесів визначає стабільність агрохімікатів у ґрунті. Пестициди абсорбуються частинками ґрунту та гумусу, накопичуються в ґрунтових організмах, руйнуються хімічним чи біологічним шляхом, просочуються до рівня ґрунтових вод<sup>21,22</sup>.

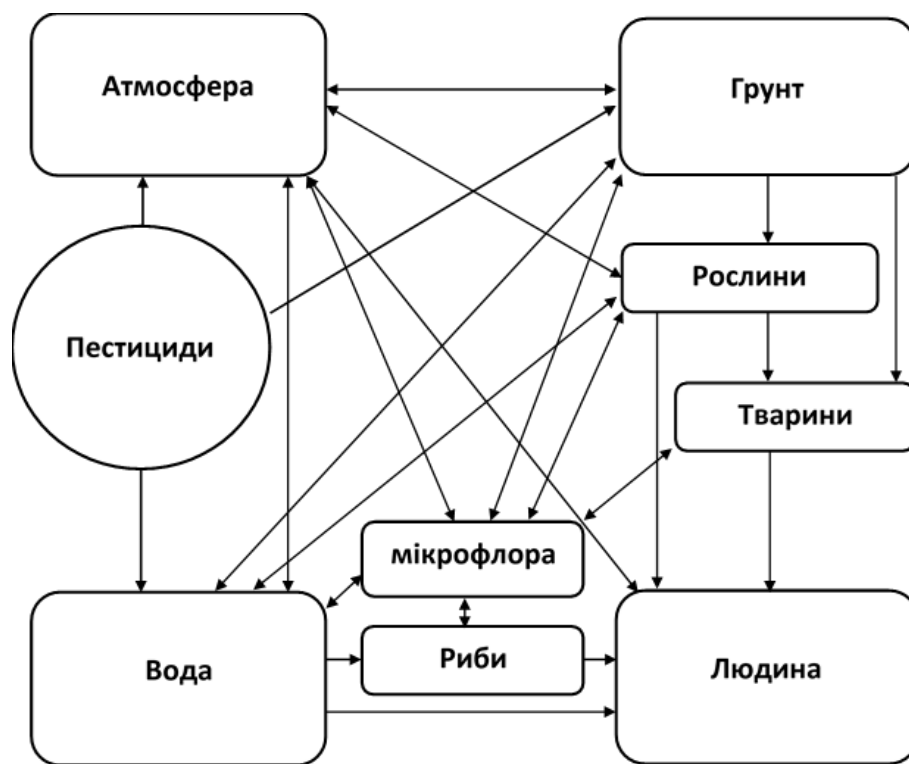


Рис. 2. Схема системного впливу пестицидів на екосистему.

Джерело: Авторська розробка

<sup>21</sup> Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Химические средства защиты растений. — М.: КолосС, 2006. — 248 с.

<sup>22</sup> Пестициди: безпечне застосування у фермерській практиці: Збірник: вимоги та настанови: URL: [https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/usaid\\_pestytsydy-pamiatka\\_a5\\_final.pdf](https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/usaid_pestytsydy-pamiatka_a5_final.pdf)

Інтенсивність шкідливого впливу пестициду, а отже і ризики для навколишнього середовища і для людини залежить від поєднання багатьох факторів: насамперед це фізико-хімічні властивості агенту, способів та технологій застосування, температури повітря, швидкості вітру, величини та розташування оброблюваної площі. Додатковими факторами, що підвищують ризик можуть бути неправильна організація транспортування та зберігання пестицидів, помилковий вибір препаратів, помилки при розрахунках доз внесення, недостатня організація охорони праці на всіх етапах роботи з токсичними речовинами, ігнорування засобів захисту. Також свої корективи може вносити технологічна забезпеченість: стан та технічні характеристики технологічного обладнання, що впливає на точність дозування та виконання інших технологічних операцій.

Чим ширший аналіз, і чим більше факторів враховується при аналізі, тим з більшою точністю можливо визначити ризики застосування пестицидів для навколишнього середовища <sup>23</sup>. На рис. 3 надається схема модель управління екологічним ризиком при внесенні пестицидів.

Основними вихідними даними моделі є фізико-хімічні властивості пестициду: клас небезпеки, хімічний склад пестицидного продукту, інформація про маркування, коефіцієнти сорбції, період напіврозпаду в навколишньому середовищі, а також інформація про оральну, інгалятивну, шкірно-резорбтивну токсичність, коефіцієнти кумуляції та мутагенності. Інші фактори ризику (спосіб та технологія застосування, характеристика оброблюваної ділянки, погодні умови при обробці, рівень організації та дотримання регламентів при транспортуванні, зберіганні, внесенні, утилізації і т. ін.) вносять додаткові, поправочні коефіцієнти загального інтегрального показника ризику.

---

<sup>23</sup> Кононова Т.В. Информационно-методическое обеспечение экологической оценки пестицидов для целей принятия решений по их государственной регистрации: Дис. докт. биол. наук. – Москва 2012.

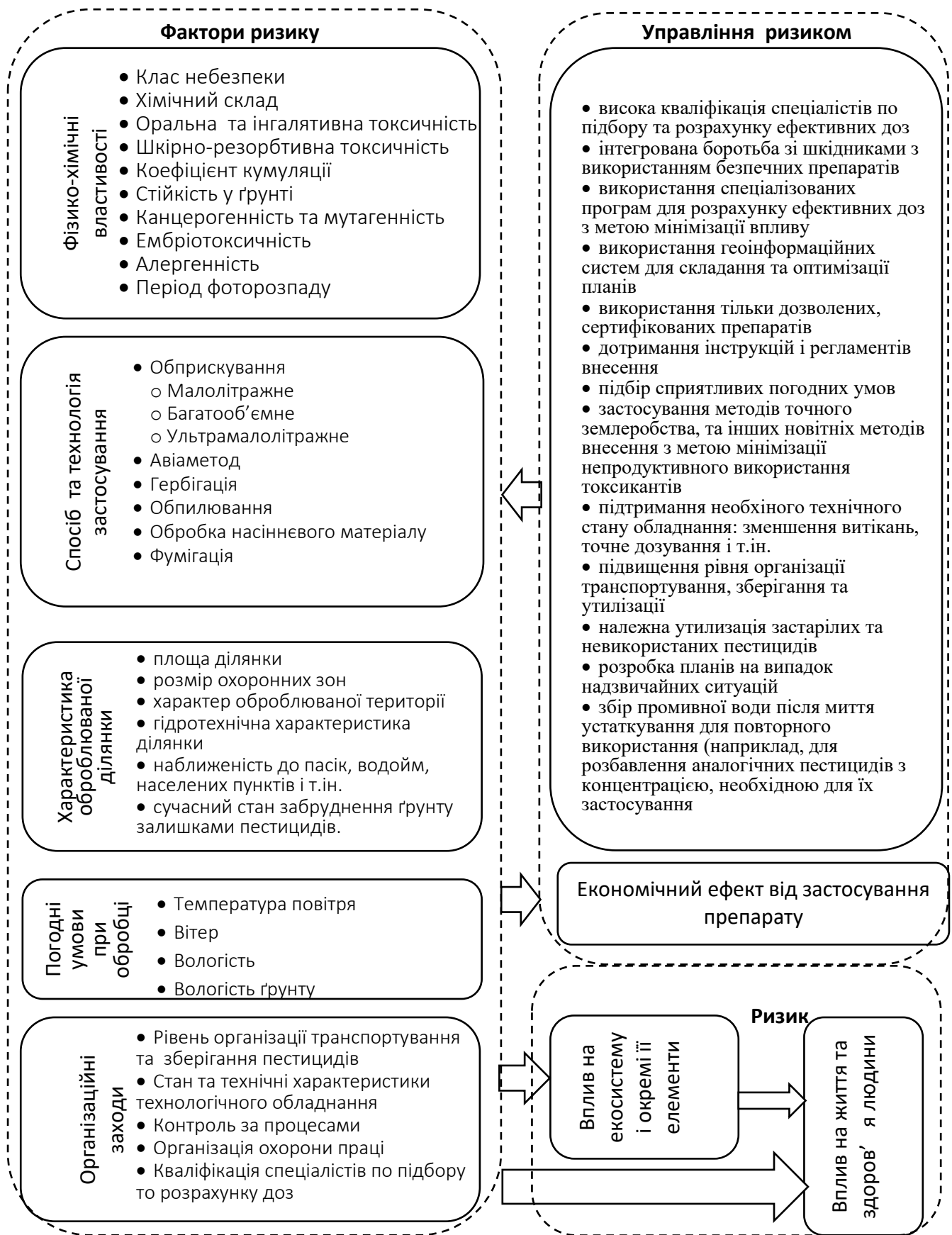


Рис.2. Модель управління екологічним ризиком при внесенні пестицидів  
Джерело: власна розробка

Багаторівневий комплексний аналіз агротехнічних заходів пов'язаних з використанням різного роду пестицидів дозволяє розробити науково обгрунтовані регламенти внесення, та розрахувати умовно екологічно безпечні норми внесення токсикантів і визначити ризики як для довкілля так і для життя та здоров'я людини.